



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO
EN EL BARRIO SANDINO, CASCO URBANO DE OCOTAL, NUEVA SEGOVIA.
(TRAMO DE 2 KM)”**

Para optar al título de ingeniero civil.

Autores:

Br. Faviana Giovana Betanco Ortiz.

Br. Eliceth Lljaira Roa Hernández.

Br. Elier Jassiel Blandón Rivera.

Tutor:

Ing. Gioconda Juárez Romero.

Managua, Junio del 2019.

Managua, junio 2019

Doctor

ING. OSCAR ISAAC GUTIÉRREZ SOMARRIBA

Decano

Facultad de Tecnología de la Construcción – UNI

Su Oficina.

Estimado Dr. Gutiérrez:

Por este medio tengo a bien informarle que la tesina que lleva por nombre: **“DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO EN EL BARRIO SANDINO, CASCO URBANO DE OCOTAL, NUEVA SEGOVIA. (TRAMO DE 2 KM)”**, está lista para entrar en el proceso de defensa, la cual fue realizada por los Bachilleres: **Faviana Giovana Betanco Ortiz, Eliceth Llajaira Roa Hernández y Elier Jassiel Blandón Rivera**, bajo mi tutoría.

Adjunto documento final de dicha tesis, para sus respectivas observaciones.

Sin más a que hacer referencia, le saludo.

Atentamente,

Ing. Gioconda Juárez Romero.

CC: Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.115
Managua, Octubre 08 del 2018

Bachilleres
FAVIANA GIOVANA BETANCO ORTIZ
ELICETH LLAJAIRA ROA HERNÁNDEZ
ELIER JASSIEL BLANDÓN RIVERA
Su atención

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado **"DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO EN EL BARRIO SANDINO, CASCO URBANO DE OCOTAL, NUEVA SEGOVIA. (TRAMO DE 2 KM)"**. Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que la **Ing. Gioconda Juárez Romero**, sea la tutora de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **08 de Abril del 2019**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,


Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo

DEDICATORIA.

A Dios: Creador de todas las cosas, por ser nuestro fiel amigo, brindándonos el don de la vida, salud, sabiduría y fortaleza, para el alcance de nuestros objetivos superando todos los obstáculos que se nos presentaron a lo largo de esta etapa.

A nuestros padres: Ejemplos de perseverancia y constancia, por el apoyo incondicional, esfuerzo, comprensión, consejos y motivación, que, en el transcurso de nuestra preparación profesional contribuyeron para enfrentar y superar los distintos retos presentados, lo cual nos permitió la culminación de este ciclo de aciertos y momentos difíciles.

Otros familiares y amigos: que nos apoyaron generosamente en momentos difíciles en el lapso de nuestra formación profesional.

Br. Faviana Giovana Betanco Ortiz.

Br. Eliceth Lljaira Roa Hernández.

Br. Elier Jassiel Blandón Rivera.

AGRADECIMIENTO.

A Dios: En primer lugar, por habernos permitido llegar hasta este momento, protegernos durante este camino y darnos las fuerzas para superar obstáculos y dificultades en el transcurso de esta etapa.

A nuestros padres: Por acompañarnos durante todo este arduo camino y compartir con nosotros alegrías y fracasos, por la fe que depositaron en cada uno, enseñándonos a siempre perseverar para alcanzar nuestras metas.

A nuestra tutora. Msc. Ing. Gioconda Juárez Romero, por dedicarnos tiempo y compartir sus conocimientos para orientarnos en la realización de este trabajo.

A nuestros Maestros. Por darnos el pan de la enseñanza y transmitirnos sus conocimientos a través de su trabajo.

A todos los que nos brindaron sus importantes aportes en este proyecto.

Agradecemos también a todos aquellos que, a lo largo de todos estos años, nos acogieron como parte de su familia, nos brindaron su ayuda incondicional y nos apoyaron en los momentos más difíciles.

Br. Faviana Giovana Betanco Ortiz.

Br. Eliceth Lljaira Roa Hernández.

Br. Elier Jassiel Blandón Rivera.

RESUMEN EJECUTIVO.

El presente trabajo monográfico, comprende todos los criterios y estudios técnicos necesarios para la realización del proyecto titulado: “DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO EN EL BARRIO SANDINO, CASCO URBANO DE OCOTAL, NUEVA SEGOVIA (TRAMO DE 2 KM)”.

Este trabajo consta de cinco capítulos, donde cada uno aborda un tema específico.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.

Este capítulo abordará aspectos tales como: Introducción, Antecedentes, Justificación y Objetivos.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁFICO.

Contempla el estudio de tránsito, obtenido mediante un aforo manual en el tramo carretera conociendo así el volumen y composición vehicular, el aforo vehicular se realizó durante 7 días sobre la vía, con una duración de 12 horas consecutivas cada día (6:00 am - 6:00 pm).

Se obtuvo el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de 145 vehículos/día, posteriormente se analizaron las estadísticas nacionales sobre el Producto Interno Bruto (PIB), el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y crecimiento Poblacional, para determinar la tasa de crecimiento a utilizar, la cual fue de 3.03%. Se proyectó el tráfico actual, considerando un periodo de diseño de 20 años, para obtener número de repeticiones por eje equivalente o cantidad de Esal's.

CAPÍTULO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Se determinaron las características del terreno a lo largo del tramo en estudio, por medio de los ensayos de laboratorio aplicados a cada una de las muestras extraídas, de acuerdo, a los resultados los materiales que predominan son suelos arcillosos del tipo A-7-5, A-7-6; en cambio el banco de materiales escogido para Base está conformado por materiales granulares, correspondiente a gravas limo

arenosas, que se clasifican del tipo A-1-a, con un valor de soporte CBR de 74%. Utilizando los datos de los resultados de los ensayos de línea se elabora el gráfico donde se determina el CBR de Diseño para la sub-rasante, resultando un valor igual a 4.7%.

La información necesaria del banco de material disponible cerca de la zona, fue facilitada por la Alcaldía municipal de Ocotlán en colaboración con la firma consultora Ingeniera, Constructora de Obras de Ingeniería Civil. S.A (COICSA).

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO.

El diseño de la estructura de pavimento se realizó utilizando el método que plantea la AASHTO-93, aplicando criterios de diseño para determinar los diferentes espesores con que estará conformada la estructura de pavimento.

El paquete estructural para el tramo dio como resultado: una capa de rodamiento de 4.00 pulgadas (espesor estándar del adoquín de concreto e 3,500 psi) y una base estabilizada con cemento de 6.00 pulgadas. Este paquete cumple con los requerimientos mínimos establecidos por la AASHTO 93 y la Nic-2000.

CAPÍTULO V: DISEÑO GEOMÉTRICO

El diseño Geométrico del tramo se realizó haciendo uso del software CivilCAD 3D, aplicando los criterios de diseño establecidos en el Manual de Normas para el diseño geométrico de carreteras centroamericano de la SIECA 2004 y el Manual para el diseño Geométrico de Carreteras de la AASHTO quinta edición año 2004. Se ejecutó el trazado del alineamiento horizontal y vertical a partir de los datos topográficos brindados por la Alcaldía municipal de Ocotlán, diseñándose dos secciones típicas, una con una sección típica de 6.60m de calzada, con cunetas de 0.60 m de ancho, hombros de 1.20 m y andén de 1.00m, esta corresponde a los tramos Est. 0+000 – 0+780 y Est. 1+520 a Est. 2+000, la segunda sección posee una sección típica con 7.60 m de calzada ya que incluye 1.00 m de ancho de los bordillos del Boulevard, esta corresponde al tramo Est. 0+780 a Est. 1+520.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1.	Introducción.	1
1.1.1.	Macro localización.	2
1.1.2.	Micro localización.	3
1.2.	Antecedentes.	4
1.3.	Justificación.	5
1.4.	ObjetivoS.	6
1.4.1.	Objetivo General.	6
1.4.2.	Objetivos Específicos.	6

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁNSITO

2.1.	Introducción.	7
2.2.	Recopilación de datos.	7
2.3.	Clasificación de vehículos.	8
2.3.1.	Vehículos livianos.	8
2.3.2.	Vehículos pesados de pasajeros.	8
2.3.3.	Vehículos pesados de carga.	8
2.4.	Procesamiento de datos.	9
2.4.1.	Tránsito Promedio Diurno.	9
2.4.2.	Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).	10
2.5.	Proyección del tránsito.	13
2.5.1.	Tasa de crecimiento vehicular (Tc).	13
2.5.2.	Tasa de Crecimiento poblacional.	16
2.5.3.	Tasa de crecimiento del Producto interno bruto (PIB).	16
2.6.	Selección de la Tasa de Crecimiento.	17
2.7.	Tránsito de Diseño.	22
2.7.1.	Período de diseño (N).	22
2.7.2.	Factor direccional (FD).	23

2.7.3. Factor de Crecimiento (FC).....	23
2.7.4. Factor de distribución por carril.	24
2.7.5. Determinación del tránsito de diseño.	24
2.8. Índice de Serviciabilidad.	25
2.9. Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI).....	26
2.10. Número Estructural Asumido (SN).....	26
2.11. Factor de Equivalencia (F ESAL).....	26
2.12. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).....	28

CAPÍTULO III

ESTUDIO GEOTÉCNICO

3.1. Introducción.	31
3.2. Propiedades y consideraciones para elección del banco a utilizar.	32
3.2.1. Base.	32
3.2.2. Sub-rasante o Terreno Natural.....	33
3.3. Trabajos de campo y laboratorio.....	33
3.3.1. Muestreo In Situ	33
3.4. Características del suelo.....	34
3.5. Investigación de bancos de materiales.	39
3.6. Resultados de los ensayos de Laboratorio realizados a los Bancos de préstamo.....	40
3.8. Determinación del CBR de Diseño de subrasante.....	44

CAPÍTULO IV

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO

4.1. Introducción.	47
4. 2. Método para el Diseño de Pavimento Articulado (AASHTO-93).....	47
4.3. Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93.....	48
4.3.1. Confiabilidad (R).....	49
4.3.2. Desviación estándar.	49
4.3.3. Serviciabilidad.	50
4.3.4. Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr).	50

4.3.5. Coeficiente de drenaje.....	51
4.3.6. Coeficientes de las capas estructurales.	52
4.3.7. Números estructurales aportados y determinación de espesores	54
4.4. Uso del programa WinPAS.	58

CAPÍTULO V

DISEÑO GEOMÉTRICO

5.1. Introducción.	63
5.2. Método para elaboración del Diseño Geométrico	64
5.3. Análisis de los resultados Obtenidos.	64
5.3.1. Clasificación de la vía y Velocidad de Diseño	64
5.3.2. Criterios de diseño.....	66
CONCLUSIONES.	81
RECOMENDACIONES.	83
BIBLIOGRAFIA.	84

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A

Fotografías de Tramo en Estudio.....	I
--------------------------------------	---

ANEXO B

Tabla No. 50: Formato utilizado para realizar aforo vehicular	III
Tabla No. 51: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (lunes- Ambos Sentidos).....	III
Tabla No. 52: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (martes- Ambos Sentidos)....	IV
Tabla No. 53: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (miércoles- Ambos Sentidos).	IV
Tabla No. 54: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (jueves- Ambos Sentidos). ...	IV
Tabla No. 55: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Viernes- Ambos Sentidos). ..	V
Tabla No. 56: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (sábado- Ambos Sentidos)....	V
Tabla No. 57: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Domingo- Ambos Sentidos). V	

Tabla No. 58: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.....	VI
Tabla No. 59: Listados Históricos estación N°1802 (San Marcos - Masatepe)...	VII
Tabla No. 60: Listados Históricos estación N° 2901 (Ocotal – San Fernando)...	VII
Gráfico No. 13: Informe Anual del año 2017 del Banco Central de Nicaragua. .	VIII
.....	VIII
Gráfico No. 14: Informe Anual del año 2017 del Banco Central de Nicaragua. .	VIII
Tabla No. 61: Factores 2017 (Estación N° 1802 San Marcos - Masatepe).....	IX
Tabla No. 62: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Liviano y Pasajeros.	IX
Tabla No. 63: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Pesados.	X
Tabla No. 64: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.	XI
Tabla No. 65: Pesos por Ejes por tipo de vehículos.	XII

ANEXO C

Tabla No. 66: Clasificación de Suelos (AASHTO).	XIII
Tabla No. 67: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 1).	XIV
Tabla No. 68: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 2).	XV
Tabla No. 69: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 3)	XVI
Tabla No. 70: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 4).	XVII
Tabla No. 71: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 5).	XVIII
Tabla No. 72: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 6).	XIX
Tabla No. 73: Ensayes de laboratorio de los bancos de laboratorio banco No. 1	XX
Tabla No. 74: Ensayes de laboratorio de los bancos de laboratorio banco No. 2	XXI

ANEXO D

Planos de Diseño Geométrico	XXII
-----------------------------------	------

INDICE DE TABLAS CAPITULO II

Tabla No. 1: Conteo Vehicular Ambos Sentidos.	9
Tabla No. 2: Cálculo del tránsito promedio diario anual.....	12
Tabla No. 3: Datos de TPDA Estación No. 2901.	14
Tabla No. 4: Datos de TPDA EMC No. 1802 (San Marcos – Masatepe).	15
Tabla No. 5: Tasas de Crecimiento Poblacional.	16
Tabla No. 6: Tasas de crecimiento del PIB.	17
Tabla No. 7: Datos Históricos (Logaritmo Natural).....	18
Tabla No. 8: Tasa de crecimiento Seleccionada.....	22
Tabla No. 9: Período de diseño (N).	23
Tabla No. 10: Factor de distribución por dirección (FD).....	23
Tabla No. 11: Factor de distribución por carril.	24
Tabla No. 12: Tránsito de Diseño.	25
Tabla No. 13: Interpolación Lineal para 2.2 kips.	27
Tabla No. 14: Interpolación Lineal 4.4.	27
Tabla No. 15: Interpolación Lineal 8.8.	27
Tabla No. 16: Interpolación Lineal 11.	27
Tabla No. 17: Interpolación Lineal 17.6.	28
Tabla No. 18: Interpolación Lineal 19.8	28
Tabla No. 19: Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).	29

INDICE DE TABLAS

CAPÍTULO III

Tabla No. 20: Ensayes practicados a las muestras de suelos de sondeos de línea y a Bancos de Préstamo.	31
Tabla No. 21: Especificaciones de materiales para base granular.	32
Tabla No. 22: Especificaciones de materiales de terraplenes y capa de sub-rasante.	33
Tabla No. 23: Sondeos realizados a lo largo del tramo.	36
Tabla No. 24: Resultados de los Ensayos realizado en Banco de Material # 1 ...	40
Tabla No. 25: Resultados de los Ensayos realizado en Banco de Material # 2 ...	41
Tabla No. 26: Requisitos que debe cumplir el Banco No. 2, para ser utilizado como Base.	42
Tabla No. 27: Estabilización con Cemento Portland.	43
Tabla No. 28: Criterio del Instituto del Asfalto para determinar el CBR de Diseño.	44
Tabla No. 29: Resultados obtenidos de CBR al 95% en los sondeos efectuados en el proyecto.	45
Tabla No. 30: Cálculos para la elaboración de gráfico No. 9	45

INDICE DE TABLAS

CAPITULO IV

Tabla No. 31: Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO.	49
Tabla No. 32: Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles.	50
Tabla No. 33: Ecuaciones de correlación.	50
Tabla No. 34: Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.	51
Tabla No. 35: Espesores mínimos recomendados.	57

INDICE DE TABLAS

CAPITULO V

Tabla No. 36: Normas establecidas por la SIECA para los elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales	65
---	----

Tabla No. 37: Radio de Diseño e Interior de vehículos de diseño.	66
Tabla No. 38 Características Geométricas de los vehículos de diseño	67
Tabla No. 39. Velocidad de diseño según el Manual de la AASHTO.....	68
Tabla No. 40 Fricción para superficies mojadas y distancias de visibilidad de parada según el manual de la SIECA	70
Tabla No. 41 Pendiente Longitudinal Máxima.....	70
Tabla No. 42 Velocidades para adelantamiento.	72
Tabla No. 43 Tasa de peralte máximo	73
Tabla no. 44 Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño.	73
Tabla No. 45 Valores de longitud de transición, según velocidad de diseño y radios de curva para peraltes máximos de 6%.	75
Tabla No. 46 Ancho de hombros y aceras.	76
Tabla No. 47 Controles de diseño de curvas verticales en cresta basados en la distancia de visibilidad de parada y adelantamiento.	77
Tabla No. 48 Controles de diseño de curvas verticales en columpio basados en la Distancia de visibilidad de parada (DVP)	78
Tabla No. 49 Elementos de curvas generadas.	80

INDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO II

Gráfico No. 1: Comportamiento de Tráfico del tramo Barrio Sandino - Ocotal.....	10
Gráfico No. 2: Composición del tráfico.....	13
Gráfico No. 3: Correlación del TPDA Estación más cercana N° 2901	14
Gráfico No. 4: Correlación del TPDA Estación de Mayor Cobertura N° 1802	15
Gráfico No. 5: Correlación TPDA vs POB.	19
Gráfico No. 6: Correlación LN TPDA vs LN POB.....	19
Gráfico No. 7: Correlación TPDA vs PIB.....	20
Gráfico No. 8: Correlación LN TPDA vs LN PIB.....	21

INDICE DE GRÁFICOS

CAPITULO III

Gráfico No. 09: CBR de Diseño para la Sub-rasante.....	46
--	----

INDICE DE GRÁFICOS

CAPITULO IV

Gráfico No. 10: Relación entre el coeficiente estructural para base granular (a_2) y distintos parámetros resistentes	53
Gráfico No. 11: Ábaco de Diseño ASSHTO, para el Cálculo de SN_2 ($SN_{REQUERIDO}$).....	55
Gráfico No. 12: Espesores Finales.	57

INDICE DE IMÁGENES

CAPITULO I

Imagen No. 1: Macro Localización.....	2
Imagen No. 2: Micro Localización.....	3

INDICE DE IMÁGENES

CAPITULO III

Imagen No. 3 Estratigrafía del suelo.....	37
Imagen No. 4 Estratigrafía del suelo	38

INDICE DE IMÁGENES

CAPITULO IV

Imagen No. 05: Elección de tipo de pavimento a diseñar.	59
Imagen No. 06: Introducción de Datos.....	60
Imagen No. 07: Cálculo del número Estructural mínimo requerido.	61
.....	61

Imagen No. 08: Resultados de espesores requeridos para el diseño de
pavimento62

Imagen No. 09. Espesores finales de pavimento.....62

INDICE DE IMÁGENES

CAPITULO V

Imagen No. 10: Longitud de transición y desarrollo de bombeo a peralte máximo
en una curva circular simple74

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación.

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (Ing. American Society For Testing and Materials).

BCN: Banco Central de Nicaragua.

CBR: California Bearing Ratio.

CREC: Crecimiento.

EMC: Estación de Mayor Cobertura.

ECD: Estación de Corta Duración.

ESAL: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

Est: Estación.

FC: Factor de Crecimiento

FD: Factor de Distribución Direccional

Fc: Factor Carril.

IDF: Intensidad Duración Frecuencia

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

LN: Logaritmo Natural.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

MR: Módulo Resiliente.

NP: No Plástico.

PIB: Producto Interno Bruto.

PSI: Libras por pulgada cuadrada.

Pt: Pendiente del terreno.

SC: Sub Cuenca.

SIECA: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos).

TC: Tasa de Crecimiento.

TCA: Tasa de Crecimiento Anual.

TD: Transito de Diseño.

Ts: Tipo de suelo.

TPD: Tránsito Promedio Diario.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

TPDS: Trafico Promedio Diario Semanal.

Us: Uso de suelo.

VPD: Volumen Promedio Diario.

GLOSARIO.

- ✓ **Bombeo:** Es la inclinación que se da a ambos lados del camino, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión.
- ✓ **Calicatas:** Son excavaciones de profundidad pequeña a media, permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa para conocer la estratigrafía del subsuelo y caracterizar geotécnicamente cada uno de sus estratos. La calicata permite la toma de muestras in situ.
- ✓ **CBR. (Relación de Carga California):** Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón. Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para sub- rasante, sub base y base de pavimentos.
- ✓ **Humedad Óptima:** La humedad óptima es parte del ensayo de compactación, es la cantidad de agua a la cual se obtiene el mayor grado de compactación y se evalúa según la curva de compactación.
- ✓ **Índice de Plasticidad:** Es el rango de humedades en el que el suelo tiene un comportamiento plástico. Por definición es la diferencia entre límite líquido y el límite plástico.
- ✓ **Límites de Atterberg:** Es el procedimiento analítico que permite determinar el contenido de humedad en el cual se producen los cambios de estado de un suelo. Los límites definidos son sólido, semi- solido, plástico o semilíquido.

- ✓ **Limite líquido:** Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado semi- líquido y plástico. Se les practican estos ensayos a los materiales que pasen la malla No.40.
- ✓ **Limite plástico:** Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y semi- sólido.
- ✓ **Módulo Resiliente:** Es una medida de la propiedad elástica de los suelos, fundamentalmente para caracterizar los materiales que constituyen la sección de un pavimento de una carretera.
- ✓ **PIB: El producto interno bruto (PIB),** es una medida macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país durante un período determinado de tiempo.
- ✓ **Posteadora:** Es una herramienta, manual muy simple que se usa para perforaciones o sondajes en suelos blandos hasta profundidades de 5m a 6m.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.

El crecimiento poblacional ocasiona una mayor demanda de servicios básicos, los núcleos urbanos están sobrepoblados, por lo que se ve la necesidad de hacer habitables los lugares que antes eran inhóspitos y que no contaban con servicios tales como agua, alcantarillado sanitario, energía eléctrica y vías de comunicación terrestres.

Con el desarrollo en los últimos años en la construcción de carreteras y caminos, se brinda a la población un mejor nivel de servicio, permitiendo a las comunidades rurales o sub urbanas la movilización a los centros de estudios, hospitales, centros de trabajo y otras actividades.

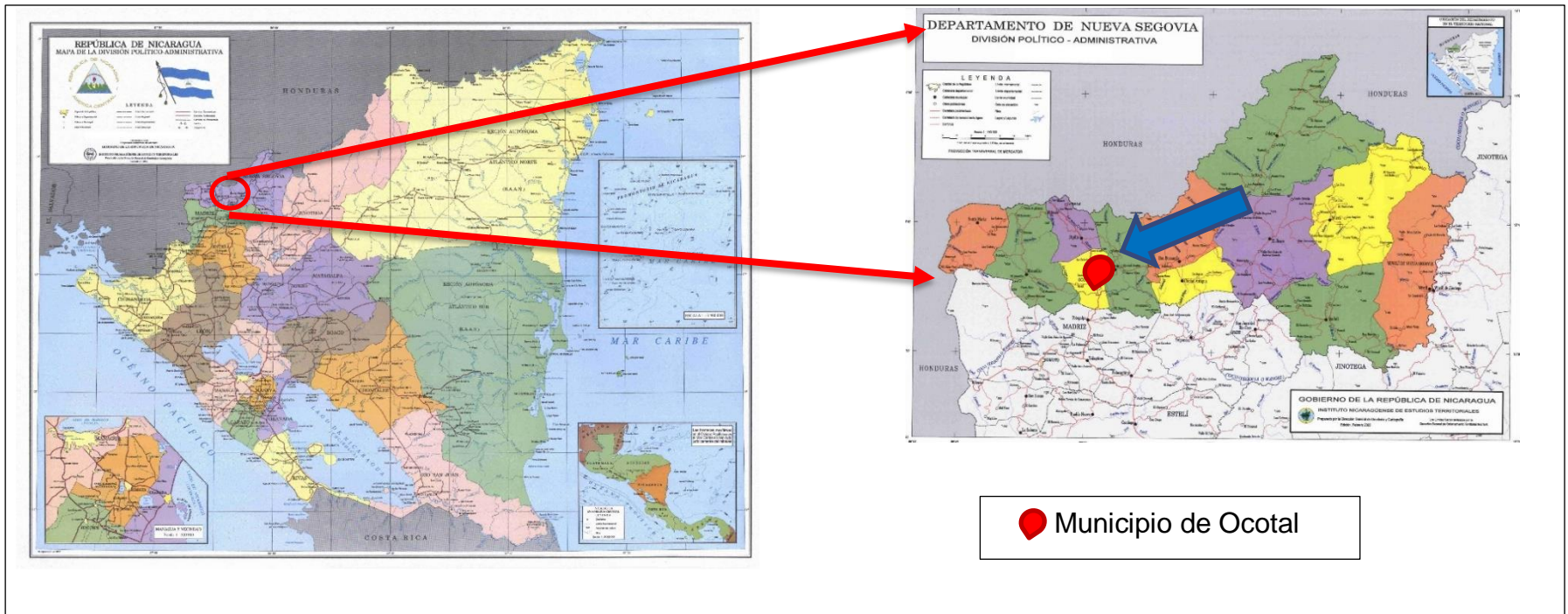
Actualmente la red vial nacional, está constituida por 19,138km de carretera de los cuales 377km (1.97%) es adoquinado; 2,033 km (10.62%) asfaltos; 3,288km (17.18%) revestidos; 6,386km (33.37%) todo tiempo y 7,045km (36.86%) de estación seca (estadística., 2005). Este informe también establece que el 35% de los caminos y carreteras del país se encuentran en mal estado y el 65% de las vías clasificadas de buenas a regulares.

Por tales motivos, en el presente trabajo se desarrolla la temática de: **DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ARTICULADO EN EL BARRIO SANDINO, CASCO URBANO DE OCOTAL, NUEVA SEGOVIA. (TRAMO DE 2 KM)**, tal tramo es en la actualidad revestido, de calidad regular a mala. Se elaboró un estudio de tránsito para la determinación de los factores de ejes equivalentes, el cual, aunado a los existentes estudios de topografía y geotecnia, proporcionaron los datos necesarios para calcular los espesores de base y carpeta de rodamiento, haciendo uso del método AASHTO 93 y del Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).

1.1.1. Macro Localización.

El camino objeto de estudio se sitúa en el Departamento de Nueva Segovia, municipio de Ocotal, de forma particular está ubicado en el Barrio Sandino del Casco Urbano del municipio de Ocotal.

Imagen No. 1: Macro Localización.



Fuente: vmapas.com.

1.1.2. Micro Localización.

Este tramo de camino tiene su origen sobre la vía principal del barrio Sandino del municipio de Ocotal rumbo noreste con coordenadas $13^{\circ} 38' 08''$ N. y $86^{\circ} 28' 27''$ W. y culmina en la intersección de la carretera hacia Mozonte con coordenadas $13^{\circ} 38' 31''$ N. Y $86^{\circ} 28' 33''$ W.

Imagen No. 2: Micro Localización.



Fuente: Google Earth

1.2. ANTECEDENTES.

La ciudad de Ocotal es la cabecera departamental de Nueva Segovia, localizado en la zona norte del país a 222 km de Managua. La principal vía de acceso hacia la ciudad la constituye la carretera panamericana de doble vía, construida en 1950 y remodelada en 1975 (Ocotal, 2014).

El proceso de urbanización que ha experimentado esta ciudad en las últimas décadas ha demandado espacio físico para su crecimiento y el mejoramiento de la infraestructura vial.

En años anteriores la alcaldía municipal de Ocotal, ha hecho grandes esfuerzos por mejorar las condiciones del tramo en estudio, invirtiendo en el mantenimiento de este, asimismo, se ejecutó una primera etapa del proyecto en la cual se construyeron las cunetas y andenes en la longitud de 2 kilómetros del tramo, de igual forma los bordillos que delimitan el boulevard de la Estación. 0+780 a la Estación 1+520.

El tramo salida Barrio Sandino, Ocotal – Mozonte, se ha convertido en un sitio de mucha importancia para la economía de la ciudad por diferentes motivos. Una de los principales es que constituye una ruta alterna más cercana, comunicando algunos municipios como Mozonte, San Fernando y Jalapa con el Casco Urbano de la ciudad de Ocotal, permitiendo el beneficio directo del comercio y exportación del café y granos básicos, la conexión a la carretera panamericana, existencia de lotificaciones, entre otros.

Esto no ha sido suficiente para que las autoridades presten real relevancia a la problemática que enfrentan cada invierno los usuarios del tramo, el cual actualmente se encuentra revestido con material selecto, las condiciones son desfavorables debido a la presencia de baches y la erosión de la capa de rodadura, sin embargo, ya se han elaborado los estudios de suelos y un levantamiento topográfico del sitio los cuales constituyen parte fundamental del diseño geométrico.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

Las vías terrestres condicionan el desarrollo económico de una región, por lo tanto, es necesario, construir y mantener una red vial en óptimas condiciones en la ciudad de Ocotál, la cual brinde confort y facilite el acceso de los usuarios.

Los usuarios del tramo salida del Barrio Sandino, Ocotál hacia Mozonte se ven afectados por las vías que se encuentran en mal estado. En este proyecto se plantea el diseño estructural y geométrico de pavimento articulado con adoquines en un tramo de 2 kilómetros, beneficiando de forma directa a los usuarios de transporte colectivo y peatonal que se dirijan a las zonas de Susucayán, El Jícaro, San Fernando y Jalapa; ya que este tramo funciona como una vía alterna que permite la conexión hacia los municipios antes mencionados con el casco urbano de la ciudad de Ocotál.

El mejoramiento del tramo de carretera Barrio Sandino, Ocotál permitirá mejorar las condiciones de accesibilidad (viviendas y centros de trabajo), aumentar el nivel de la calidad de vida para los pobladores, se reducirán los tiempos de viajes, brindándole mayor seguridad y comodidad a los usuarios de la vía.

En relación a la salud este proyecto contribuirá a reducir las enfermedades respiratorias y dermatológicas, que se producen actualmente en esta zona debido al levantamiento de nubes de polvo generadas por el paso vehicular.

Con este proyecto, se mejorará la imagen de la zona, que vendrá a beneficiar a los pobladores, promoviendo el desarrollo económico de agricultores, comerciantes y empresarios. Igualmente se amplificarán las actividades socio – económicas, por la integración e interrelación entre los municipios de Ocotál, Mozonte, San Fernando, Jícaro y Jalapa, con el resto de municipios cercanos.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. Objetivo General.

- Diseñar geométricamente y estructural de pavimento articulado en el Barrio Sandino, casco urbano de Ocotlán, Nueva Segovia. (Tramo de 2 km)

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Realizar el estudio de tránsito de la vía, durante 7 días de (6:00am-6:00), determinando el tránsito promedio diario anual (TPDA) y cuantificar las futuras cargas que estará sometida la estructura del pavimento.
- Analizar el estudio de suelo de la vía y los bancos de préstamo de material, para su adecuada utilización en el diseño.
- Diseñar la estructura de carpeta de rodadura de pavimento articulado utilizando el método de la AASHTO 93.
- Diseñar geométricamente el tramo de 2 kilómetros lineales en el barrio Sandino-casco urbano de Ocotlán aplicando las normativas de diseño geométrico vigentes en el Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE

TRÁNSITO

2.1. Introducción.

El estudio de tránsito es uno de los parámetros fundamentales para el diseño de pavimentos, ya que nos brindará la cantidad de vehículos que circulan por la vía en un intervalo de tiempo, por lo tanto, las cargas que soportara la carretera. Dicho estudio se realiza con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos, sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles.

Este estudio orientará el conocimiento detallado de una serie de elementos que conforman la red vial (dimensión vehicular, intensidad de carga por eje y número de aplicación de dicha carga). El volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y las demandas de un proyecto vial, por lo que se debe dar importancia a la determinación de volúmenes de tránsito, los tipos de vehículos, el comportamiento de estos y sus formas de operación, como así también las características socioeconómicas de los usuarios, las características particulares de los vehículos y las formas de explotación de los mismos.

2.2. Recopilación de datos.

La actividad inicial del estudio de tráfico comprende la recopilación y revisión de datos obtenidos de una estación de control con la finalidad de determinar el volumen vehicular, dicho punto de conteo se ubicó en la salida del Barrio Sandino, casco urbano de Ocotal hacia Mozonte, siendo la Est. 0+000 del proyecto.

Dichos datos se obtuvieron a través de conteos volumétricos, el estudio se realizó durante 1 semana, empezando el lunes 22 de octubre y finalizando el domingo 28 de octubre del año 2018, se cuantificó el 100% de los vehículos que circularon en ambas direcciones de la vía. Los aforos se realizaron durante 12 horas diurnas continuas entre las 6:00 horas hasta las 18:00 horas, en los cuales se determinaron el tránsito promedio diario semanal, tipo de vehículos, número, tipo y peso de los ejes.

2.3. Clasificación de vehículos.

En general se establecen vehículos representativos por cada categoría, es decir que cada vehículo cuenta con sus propias características, ya que difieren unos de otros; estos vehículos tienen peso, dimensiones y características de operación utilizadas para fijar las variables empleadas en un proyecto vial.

En nuestro país Nicaragua, el MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura) ha determinado las clasificaciones vehiculares más comunes (vehículos livianos y pesados) a su vez ha determinado los límites de cargas para cada uno y designado una terminología para los vehículos que circulan en la red vial en el país. **(Ver anexo B, Tabla No 58, pág. VI)**

2.3.1. Vehículos livianos.

Son vehículos automotores de cuatro ruedas. Para efectos de diseño de estructuras de pavimento de acuerdo con los resultados de estudios de tráfico, conteo vehicular y cálculos relacionados, se ha identificado que los daños que causan los vehículos livianos a la estructura de pavimento, producto de su desplazamiento sobre la vía es mínimo a razón de 1 en 50000 respecto a vehículos pesados.

2.3.2. Vehículos pesados de pasajeros.

Son los vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro a seis ruedas, que incluyen microbuses, buses medianos y grandes.

2.3.3. Vehículos pesados de carga.

Son los vehículos destinados al transporte pesados de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos incluyen camiones de tres ejes o mayores y otros tipos de vehículos especiales tales como agrícolas y de construcción. En el caso de Nicaragua, el MTI ha determinado los límites de cargas por tipo de vehículo pesado, debido a que los vehículos pesados traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicada a un determinado punto de la estructura.

2.4. Procesamiento de datos.

Luego de haberse realizado el trabajo de campo, mediante hojas de cálculo se obtuvo el volumen de tráfico Total por tipo de Vehículo, la Composición Vehicular de cada uno de los 7 días. (Ver anexo B, Tablas 51,52,53,54,55,56y 57, páginas III,IV y V)

2.4.1. Tránsito Promedio Diurno.

Uno de los elementos fundamentales para el diseño vial es el volumen promedio diurno (TPD), que es el volumen total registrado por día, divididos entre los siete días de la semana del aforo elaborado en la Estación 0+000 se establece el tránsito promedio diurno mediante la siguiente ecuación:

$$TPDS = \frac{\sum TDiurno}{7} \quad (\text{Ecuación No.1})$$

Dónde:

TPDS = Tránsito promedio Diurno Semanal.

7 = Número total de Días de conteo (1 semana).

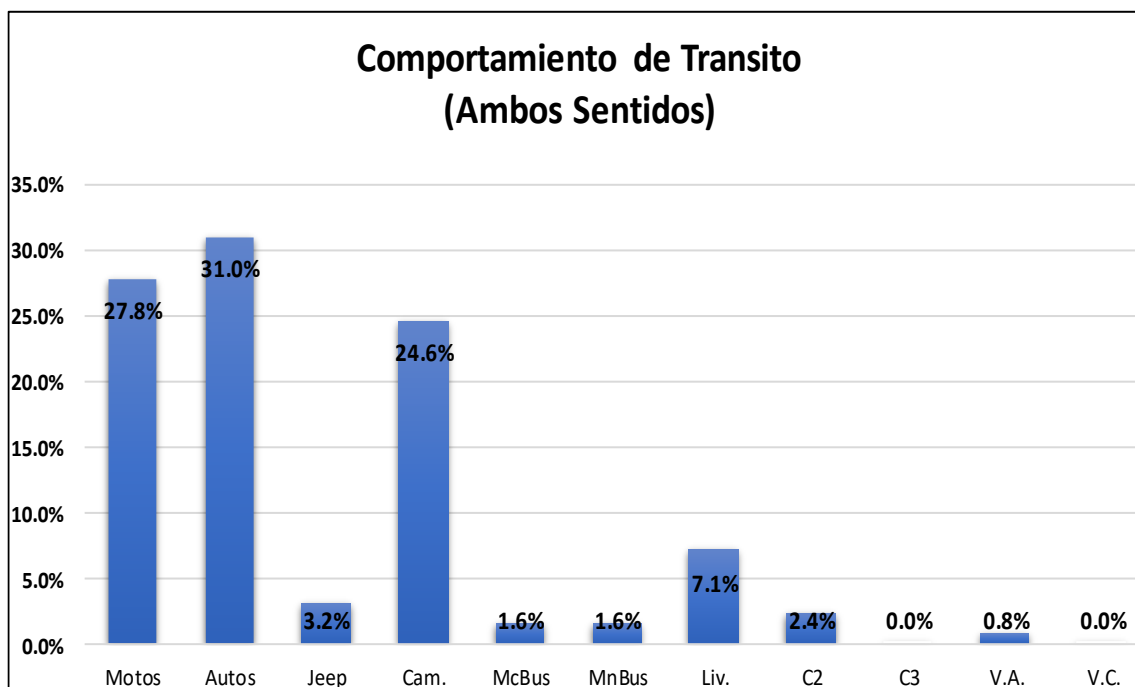
Tabla No. 1: Conteo Vehicular Ambos Sentidos.

DIA / TIPO DE VEHICULO	Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga		Equipo Pesado		Total
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Liv.	C2	C3	V.A.	
					<15 s.	15-30 s.	2-5 t.	5+ t.			
LUNES	25	24	6	27	1	1	11	0	0	3	98
MARTES	30	21	2	18	0	1	2	0	0	1	75
MIERCOLES	24	26	0	21	2	0	9	2	0	0	84
JUEVES	22	48	5	17	0	0	3	7	0	3	105
VIERNES	34	46	2	19	2	0	7	0	0	0	110
SABADO	22	23	4	34	2	0	10	0	0	0	95
DOMINGO	35	13	1	32	0	0	4	0	0	0	85
TOTAL	192	201	20	168	7	2	46	9	0	7	652
TPDS	27.4	28.7	2.9	24.0	1.0	0.3	6.6	1.3	0.0	1.0	93

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico No.1 refleja el comportamiento del tráfico promedio diurno semanal en ambos sentidos según el tipo de vehículo, donde se observa que prevalecen los vehículos livianos como lo son las motos y camionetas, entre los vehículos pesados los Camiones C2.

Gráfico No. 1: Comportamiento de Tráfico del tramo Barrio Sandino - Ocotal



Fuente: Elaboración propia.

Dado que se realizó en un aforo vehicular de 7 días (lunes a domingo), se requirió estimar el comportamiento tránsito promedio diario Anual (TPDA) del tramo en estudio. Para obtener el TPDA fue necesario usar factores de ajustes diarios (expansión de 12 horas a 24 horas), y de temporada que permitieron expandir el volumen de esa muestra del tramo.

2.4.2. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

El tránsito promedio diario anual, representa el promedio de los volúmenes diarios de tránsito durante un año en una sección dada de una vía.

$$\text{TPDA} = \text{TPDS} \times \text{factor día} \times \text{factor expansión} \quad (\text{Ecuación No. 2})$$

Dónde:

TPDS = Tránsito promedio Diurno Semanal.

Factor expansión = Factor día y factor expansión.

El MTI proporciona factores de ajuste para el cálculo de TPDA en la Revista Anuario de Aforo en su edición 2017, publicada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura – Dirección de Administración Vial (MTI-DAV), con el objetivo que si se lleva a cabo un conteo vehicular sea posible aplicar dichos factores, desarrollados a partir de la estación permanente y obtener así el TPDA en un tramo de calle previamente establecido.

Para expandir al TPDA se utilizó los factores de la estación de mayor cobertura No. 1802, correspondiente al tramo San Marcos - Masatepe, ya que, para la estación más cercana al tramo en estudio correspondiente, no se muestran factores de expansión en el Anuario de tráfico, y está es su estación de dependencia.

Los factores de expansión a utilizar solo serán el Factor día y el Factor expansión de la estación No. 1802 ya que se realizó un aforo vehicular de 1 semana durante 12 horas diurnas por 7 días, como el conteo se realizó en el mes de noviembre, los factores correspondientes son los del tercer cuatrimestre (septiembre - diciembre).
(Ver anexo B, Tabla No. 61, pág. IX)

Tabla No. 2: Cálculo del tránsito promedio diario anual.

DIA / TIPO DE VEHICULO	Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga			Equipo Pesado		Total
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Liv.	C2	C3	V.A.	V.C.	
					<15 s.	15-30 s.	2-5 t.	5+ t.				
TOTAL	192	201	20	168	7	2	46	9	0	7	0	652
TPDS	27.4	28.7	2.9	24.0	1.0	0.3	6.6	1.3	0.0	1.0	0.0	93
TPDS CORREGIDO	28	29	3	24	1	1	7	2	0	1	0	96
Factor Día	1.29	1.33	1.32	1.29	1.22	1.46	1.26	1.40	1.28	1.39	1.00	
Factor Expansión	0.96	1.01	0.96	0.99	1.00	0.87	0.97	1.01	1.03	0.70	1.53	
TPDA	35	39	4	31	2	2	9	3	0	1	0	126
% TPDA	27.8%	31.0%	3.2%	24.6%	1.6%	1.6%	7.1%	2.4%	0.0%	0.8%	0.0%	1
	86.5%				3.2%		9.5%			0.8%		100.0%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla No.2 la composición vehicular del tramo en estudio está conformada con un 87% de vehículos Livianos, un 3% de Vehículos de Pasajeros, un 9% de Vehículos Pesados de Carga, un 1% de Vehículos Agrícolas pesados. Ver gráfico No.2 a continuación:

Gráfico No. 2: Composición del tráfico.



Fuente: Elaboración propia.

2.5. Proyección del tránsito.

Se determina basándose en los datos de las estaciones de conteo, así como también tomando en cuenta variables como el listado histórico de TPDA de la EMC a utilizar según datos del MTI e indicadores macroeconómicos como Producto Interno Bruto (PIB) y Tasa de Crecimiento Poblacional (Tc), según el Banco Central de Nicaragua (BCN) en su informe 2017.

2.5.1. Tasa de crecimiento vehicular (Tc).

Es el incremento anual de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentajes. Para determinar la tasa aplicamos la ecuación:

$$TC = \left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (\text{Ecuación No. 3})$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento vehicular.

TPDA_i: Tráfico promedio diario actual.

TPDA_o: Tráfico promedio diario del año base.

n: Diferencia de años

La estación más cercana al tramo es la Estación de Corta Duración (EDC) **No. 2901** (Ocotál – San Fernando) la cual no posee continuidad en los conteos en los últimos 10 años habiéndose realizado el último en el año 2014, las tasas de crecimiento vehicular son las siguientes:

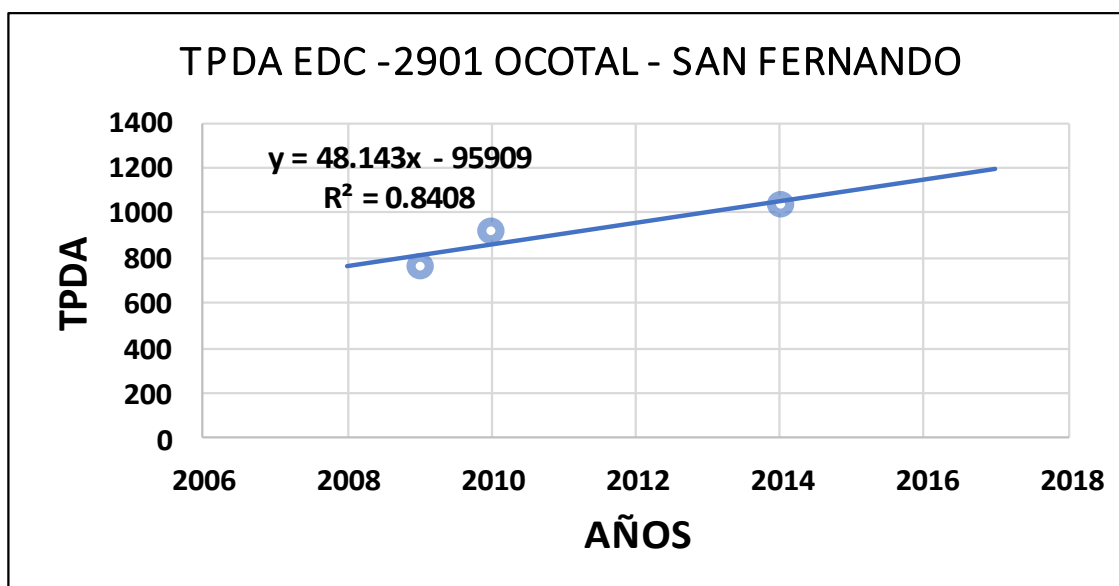
Tabla No. 3: Datos de TPDA Estación No. 2901.

Año	TPDA	TCA
2008		
2009	762	
2010	919	20.60%
2014	1039	13.06%
Promedio	906.667	16.83%

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2017, Ministerio de Transporte e Infraestructura – DAV.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos de TPDA de la Estación más cercana N° 2901

Gráfico No. 3: Correlación del TPDA Estación más cercana N° 2901



Fuente: Elaboración propia.

Para la estación de mayor cobertura **N°1802** (San Marcos - Masatepe), las tasas de crecimiento vehicular de los últimos 10 años son las siguientes:

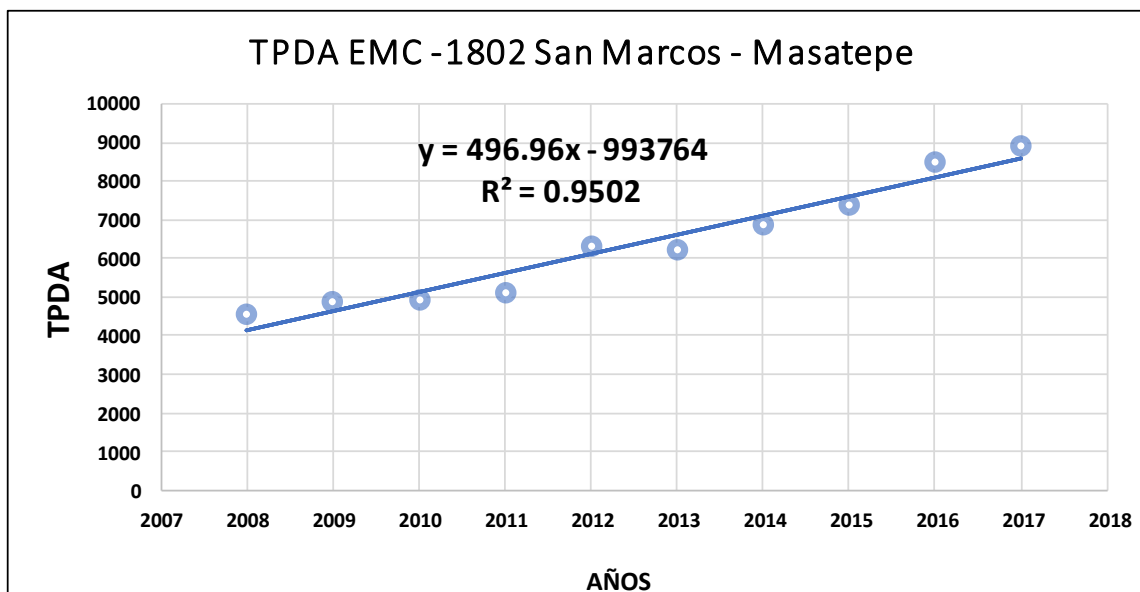
Tabla No. 4: Datos de TPDA EMC No. 1802 (San Marcos – Masatepe).

Año	TPDA	TCA
2008	4554	
2009	4887	7.31%
2010	4936	1.00%
2011	5132	3.97%
2012	6324	23.23%
2013	6221	-1.63%
2014	6883	10.64%
2015	7402	7.54%
2016	8500	14.83%
2017	8908	4.80%
Promedios	6375	7.97%

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2017, Ministerio de Transporte e Infraestructura – DAV.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos de TPDA de la Estación de Mayor Cobertura N° 1802.

Gráfico No. 4: Correlación del TPDA Estación de Mayor Cobertura N° 1802



Fuente: Elaboración propia.

Al comparar los gráficos No. 3 y No. 4, se puede notar que la estación de Mayor Cobertura N° 1802 al tener continuidad de datos posee una mejor correlación a diferencia de la estación más cercana N° 2901. Se decide escoger la Estación N°

1802 para este estudio de tráfico ya que su coeficiente de determinación ($R^2=0.9502$), es más alto que el de la estación N° 2901 ($R^2=0.579$).

2.5.2. Tasa de Crecimiento poblacional.

Es el cambio en la población en un cierto plazo, y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando "tiempo por unidad" para su medición. Según las estadísticas poblacionales brindadas por el BCN (Banco Central de Nicaragua), en su informe 2017. **(Ver anexo B, Gráfico No. 13, página VIII)**

Las tasas de crecimiento poblacional que son las siguientes:

Tabla No. 5: Tasas de Crecimiento Poblacional.

Año	POB	TCA
2008	5778.80	
2009	5850.50	1.24%
2010	5923.10	1.24%
2011	5996.60	1.24%
2012	6071.00	1.24%
2013	6134.30	1.04%
2014	6198.20	1.04%
2015	6262.70	1.04%
2016	6327.90	1.04%
2017	6393.80	1.04%
Promedios	6094.0	1.13%

Fuente: Informe Anual 2017. Banco Central de Nicaragua.

El promedio de crecimiento poblacional anual de los últimos años es de **1.13%**.

2.5.3. Tasa de crecimiento del Producto interno bruto (PIB).

El PIB se utiliza como un indicador de la riqueza generada por una nación, durante un año, un trimestre u otra medida de tiempo. Según la información del Banco Central de Nicaragua, se pueden observar estos datos del PIB de los últimos 10 años. **(Ver anexo B, Gráfico No. 14, página VIII)**

Tabla No. 6: Tasas de crecimiento del PIB.

Año	PIB	TCA
2008	130,235.00	
2009	127,397.70	-2.18%
2010	132,012.90	3.62%
2011	139,206.30	5.45%
2012	146,451.30	5.20%
2013	154,936.80	5.79%
2014	162,351.30	4.79%
2015	170,093.20	4.77%
2016	178,017.40	4.66%
2017	186,671.00	4.86%
Promedio	152738.0	4.11%

Fuente: Informe Anual. Banco Central de Nicaragua.

La tasa de crecimiento Anual del Producto Interno Bruto (PIB) promedio de los últimos 10 años es de **4.11%**.

2.6. Selección de la Tasa de Crecimiento.

Para determinar las tasas de crecimiento del tráfico antes mencionado, se parte en primer lugar de la definición de las variables que intervendrán en el proceso de determinación de las tasas de crecimiento para cada uno de los tipos de tráfico Liviano, Pasajeros y Pesado.

Para este estudio se cuenta con registros Históricos de TPDA de la estación 1802, otra variable importante son los registros Históricos de Producto Interno Bruto (PIB), relacionada con el crecimiento de la economía nacional, por consiguiente, se puede vincular con el crecimiento del tráfico vehicular. Por último, se tiene la variable de los registros históricos de Población, que también tiene relación estrecha con el tráfico vehicular. Estas variables serán sometidas a un estudio estadístico de correlación de variables, para determinar el grado de correlación entre ellas, de forma que se establezca su crecimiento con los diferentes tipos de tráfico a los cuales se deben realizar proyecciones.

El proceso de revisión parte del cálculo del Logaritmo Natural necesario de los datos, con ellos se elaborarán rectas de regresión y se calcula el coeficiente de correlación entre las variables, mientras más cercano al 100% se tengan resultados indicara una mejor correlación entre dichas variables. A continuación, se presenta el cálculo realizado de los logaritmos necesarios previo al cálculo de las correlaciones de las variables.

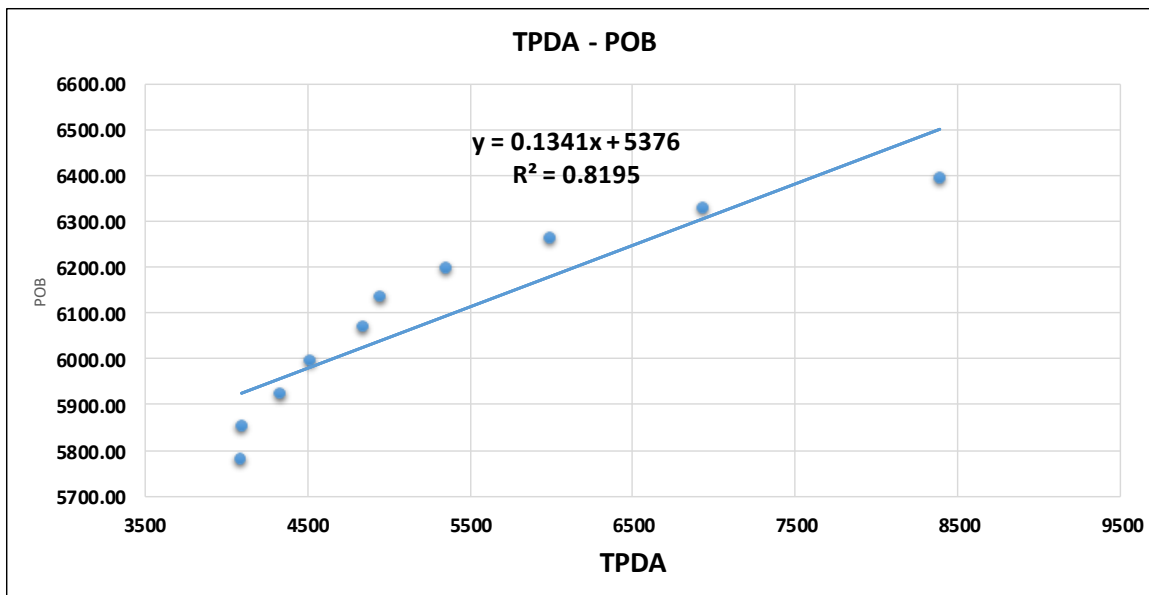
Tabla No. 7: Datos Históricos (Logaritmo Natural).

Año	LN(TPDA)	LN(POB)	LN(PIB)
2008	8.32	8.66	11.78
2009	8.32	8.67	11.76
2010	8.37	8.69	11.79
2011	8.42	8.70	11.84
2012	8.49	8.71	11.89
2013	8.51	8.72	11.95
2014	8.58	8.73	12.00
2015	8.70	8.74	12.04
2016	8.84	8.75	12.09
2017	9.04	8.76	12.14

Fuente: Informe Anual 2017. Banco Central de Nicaragua.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos normales de la Población (POB) y el TPDA de la Estación de Mayor Cobertura No.1802.

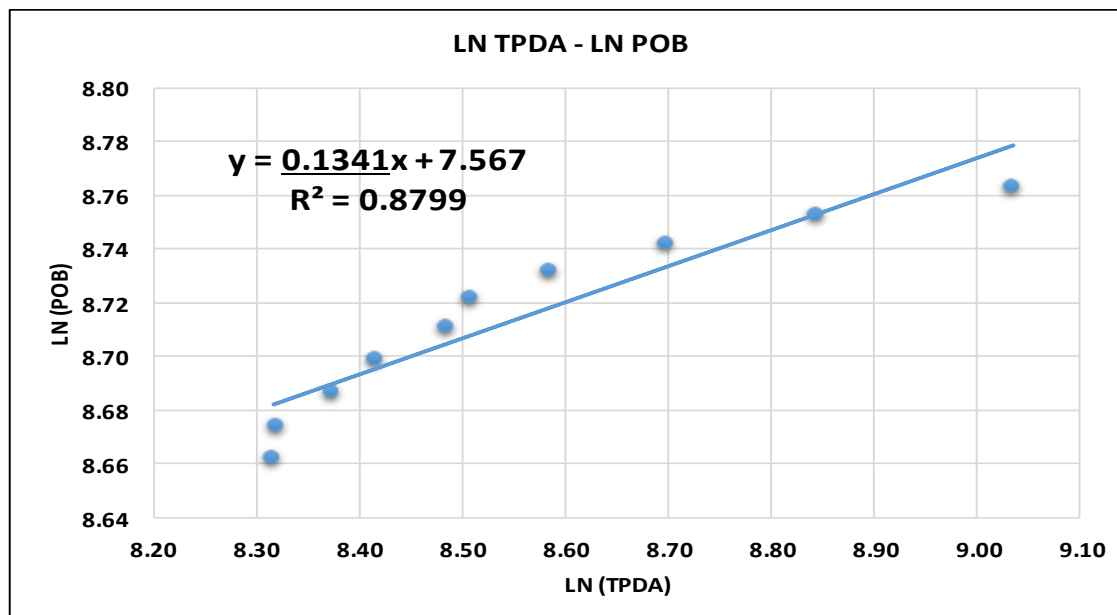
Gráfico No. 5: Correlación TPDA vs POB.



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos convertidos a logaritmo Natural de la Población (POB) y el TPDA de la Estación de Mayor Cobertura 1802.

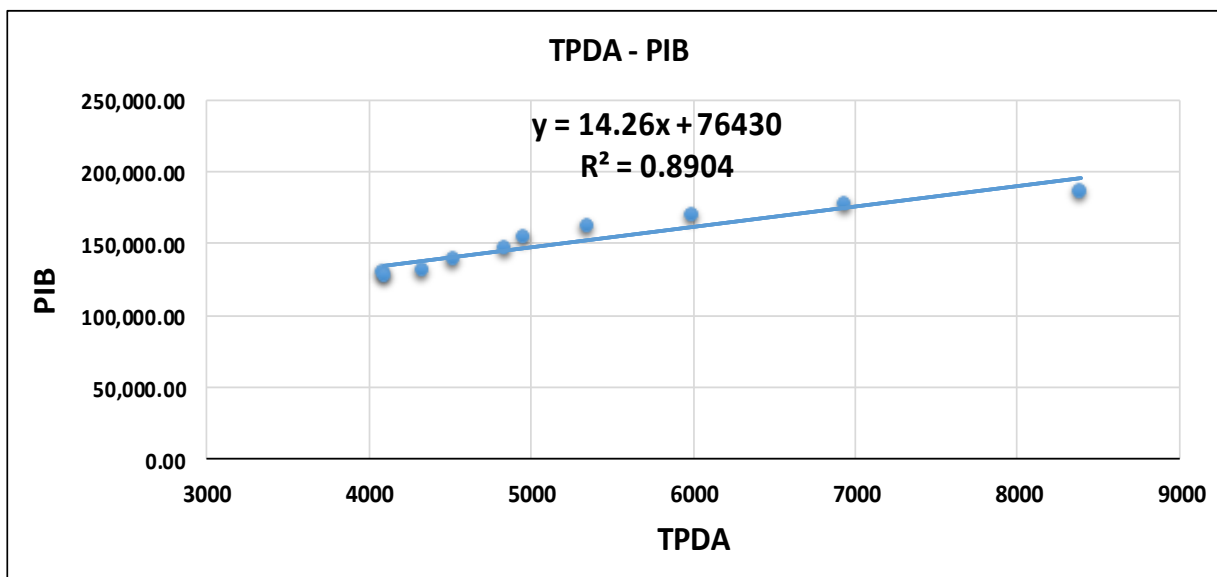
Gráfico No. 6: Correlación LN TPDA vs LN POB.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos normales de la Producto Interno Bruto (PIB) y el TPDA de la Estación de Mayor Cobertura No. 1802.

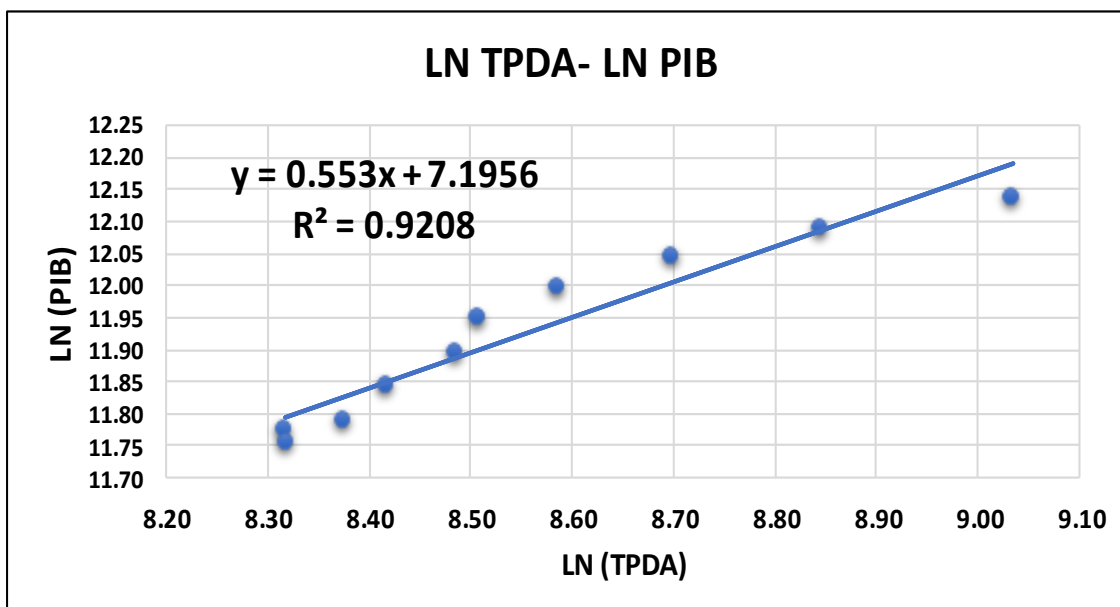
Gráfico No. 7: Correlación TPDA vs PIB.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos convertidos a logaritmo Natural de la Producto Interno Bruto (PIB) y el TPDA de la Estación de Mayor Cobertura 1802.

Gráfico No. 8: Correlación LN TPDA vs LN PIB.



Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar la Ecuación No. 3, de la página 12, las tasas de crecimiento son:

- **TC TPDA** = $\left(\left(\frac{8393}{3122}\right)^{\frac{1}{10}} - 1\right) * 100 = 6.94\%$
- **TC POB** = $\left(\left(\frac{6393.8}{5098.02}\right)^{\frac{1}{10}} - 1\right) * 100 = 1.02\%$
- **TC PIB** = $\left(\left(\frac{13814.2}{5323.01}\right)^{\frac{1}{10}} - 1\right) * 100 = 3.67\%$

Ya que la correlación de Ln TPDA vs Ln Población (Gráfico No. 6), posee un mejor coeficiente de determinación (R^2), que la correlación TPDA vs Población (Gráfico No. 5), se decide utilizar la elasticidad del Gráfico No. 6 pág. 19.

Aplicando la elasticidad del **Gráfico No. 6 pág. 19**:

$$\text{TC Pob} = 1.02 * 0.1341 = 0.14 \%$$

Dado que la correlación de LN TPDA vs LN Producto Interno Bruto (Gráfico No. 8), posee un mejor coeficiente de determinación (R^2), que la correlación TPDA vs

Producto Interno Bruto (Gráfico No. 7), se decide utilizar la elasticidad del Gráfico No. 8.

Aplicando la elasticidad del **Gráfico No. 8** pág. 21:

$$\text{TC PIB} = 3.67 * 0.553 = 2.03 \%$$

Tomando en cuenta la tasa de crecimiento vehicular, crecimiento económico y poblacional presentados anteriormente y dado que para vehículos pesados nos da una tasa de crecimiento de **2.03 %** siendo este valor moderado y para vehículos de pasajeros una tasa de crecimiento de **0.14%**, se decidió efectuar un promedio de las tasas de crecimiento antes mencionadas aunado a la tasa de crecimiento vehicular de la estación de mayor cobertura N°1802 San Marcos - Masatepe que es de 6.94%, para las proyecciones del tránsito de la vía estudio, obteniendo como resultado una tasa de crecimiento de **3.03%**.

Esta es una tasa moderada y prudente que se adapta la realidad del país en cuanto a crecimiento económico y poblacional.

Tabla No. 8: Tasa de crecimiento Seleccionada.

TC TPDA	TC PIB	TC POB	Promedio
6.94%	2.03%	0.14%	3.03%

Fuente: Elaboración Propia.

2.7. Tránsito de Diseño.

2.7.1. Período de diseño (N).

Es el tiempo total para el cual se diseña el pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considera apropiado para que las condiciones del entorno comiencen alterar, el funcionamiento del pavimento. Basándonos en el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como colectoras rurales es de 10 a 20 años.

Tabla No. 9: Período de diseño (N).

Tipo de carretera	Período de diseño (años)
Autopista Regional	20 – 40
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	
Colectoras Rurales	10 – 20

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2011.

Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de **N=20 años**.

2.7.2. Factor direccional (FD).

El factor direccional es el factor del total del flujo vehicular censado; generalmente su valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección; y la otra mitad va en otra dirección.

Tabla No. 10: Factor de distribución por dirección (FD).

Número de carriles en ambas direcciones	FD %
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2011.

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de **0.5** para el tramo en estudio.

2.7.3. Factor de Crecimiento (FC).

El factor de crecimiento depende del número de años al que se proyectará el tránsito, la tasa del incremento anual vehicular; además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos en el período de diseño.

$$FC = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \quad (\text{Ecuación No. 4})$$

Dónde:

FC: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento del tránsito (%).

n: Período de diseño (años).

$$FC = \frac{(1 + 0.0303)^{20} - 1}{0.0303}$$

$$FC = 26.96$$

2.7.4. Factor de distribución por carril.

Este factor se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL'S. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril.

Tabla No. 11: Factor de distribución por carril.

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2011.

Para nuestro estudio asignamos el valor de **Fc' = 1.00** puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional.

2.7.5. Determinación del tránsito de diseño.

Es el número de vehículos que circulan durante todo el periodo de diseño. Es de mucha importancia determinar la cantidad de vehículos que circularán en toda la vida útil del diseño de esta vía de donde podemos obtener un valor acumulado mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$TD = TPDA * FC * f_s * f_c * 365$$

(Ecuación No. 5)

Dónde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual Calculado

FC: Factor de Crecimiento.

fs: Factor de Distribución por Sentido.

fc: Factor por Distribución por Carril.

365: Días del año.

Tabla No. 12: Tránsito de Diseño.

TIPO DE VEHICULO	TPDA 2018	FC	Dias del Año	Tránsito de Diseño	Factor Carril (Fc)	Factor de Dirección (Fs)	Tránsito para el Carril de Diseño
Motos	35.00	26.96	365.00	344414.00	1.00	0.50	172207.00
Autos	39.00	26.96	365.00	383775.60	1.00	0.50	191888.00
Jeep	4.00	26.96	365.00	39361.60	1.00	0.50	19681.00
Camioneta	31.00	26.96	365.00	305052.40	1.00	0.50	152527.00
Mc. Bus	2.00	26.96	365.00	19680.80	1.00	0.50	9841.00
Mn. Bus	2.00	26.96	365.00	19680.80	1.00	0.50	9841.00
C2 Liviano	9.00	26.96	365.00	88563.60	1.00	0.50	44282.00
C2	3.00	26.96	365.00	29521.20	1.00	0.50	14761.00
Vehiculo Agrícola	1.00	26.96	365.00	9840.40	1.00	0.50	4921.00
						TOTAL	447742.00

Fuente: Elaboración propia.

En este cuadro se muestra el tráfico proyectado el cual corresponde a **447742.00**

Vehículos proyectados para el año 2038.

2.8. Índice de Serviciabilidad.

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final la mejor forma para evaluar esto es por el índice servicio presente (PSI), en una escala de 0 a 5, entre mayor sea el número, mejor será su condición al tráfico. Para ello debe asumirse la serviciabilidad inicial (p_0) y la serviciabilidad final (p_t). Los

valores recomendados para pavimentos flexibles son los siguientes (Manual Centroamericano para El Diseño de Pavimentos, 2011):

Serviciabilidad inicial:

$p_o = 4.5$ para pavimentos rígidos.

$p_o = 4.2$ para pavimentos articulado.

Serviciabilidad final:

$p_t = 2.5$ Lo más para caminos muy importantes.

$p_t = 2.0$ para caminos de transito menor.

2.9. Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI).

La pérdida de la serviciabilidad es la diferencia que existe entre la Serviciabilidad inicial y la final. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = p_o - p_t \quad (\text{Ecuación No. 6})$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

2.10. Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Se recomienda un coeficiente estructural de carga **SN=5**.

2.11. Factor de Equivalencia (F ESAL).

Para el cálculo de ejes equivalentes (ESAL's) existe un factor correspondiente que se obtienen de las tablas de la AASHTO 93, de los ejes sencillos y dobles, para cada eje de los vehículos, el cual transforma la carga por eje a un número de ejes equivalentes. **(Ver anexo B, Tabla No. 65, pág. XII)**

Para obtener dicho factor se considera una **pt de 2.0**, que es el valor que se recomienda para camino de tránsito menor y un **SN=5**. Se interpolaron los valores de kips que no se reflejan como lo son 2.2, 4.4, 8.8, 17.6 y 19.8 de la tabla para ejes sencillos. **(Ver anexo B, Tabla No. 64, pág. XI)**. De la tabla para ejes tándem (doble), se interpolo el valor de kips de 36.30. **(Ver anexo B, Tabla No. 64, pág. XI)**

Tabla No. 13: Interpolación Lineal para 2.2 kips.

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
2	0.0002	<div><div>4 - 2</div><div>2.2 - 2</div><div>0.002 - 0.0002</div><div>$Y_x - 0.0002$</div></div>	$2(Y_x - 0.0002) = 0.2 \times 0.0018$
2.2	Y_x		$Y_x - 0.0002 = \frac{(0.00036)}{2}$
4	0.002		$Y_x = 0.00018 + 0.0002$
Resultado para 2.2			$Y_x = 0.00038$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 14: Interpolación Lineal 4.4.

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
4	0.002	<div><div>6 - 4</div><div>4.4 - 4</div><div>0.009 - 0.002</div><div>$Y_x - 0.002$</div></div>	$2(Y_x - 0.002) = 0.4 \times 0.007$
4.4	Y_x		$Y_x - 0.002 = \frac{(0.0028)}{2}$
6	0.009		$Y_x = 0.0014 + 0.002$
Resultado para 4.4			$Y_x = 0.0034$


Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 15: Interpolación Lineal 8.8.

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
8	0.031	<div><div>10 − 8</div><div>8.8 − 8</div><div>0.079 − 0.031</div><div>$Y_x - 0.031$</div></div>	$2(Y_x - 0.031) = 0.8 \times 0.048$
8.8	Y_x		$Y_x - 0.031 = \frac{(0.0384)}{2}$
10	0.079		$Y_x = 0.0192 + 0.031$
Resultado para 8.8			$Y_x = 0.0502$


Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 16: Interpolación Lineal 11.

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
10	0.079	<div>12 - 10 0.174 - 0.079  11 - 10 Yx - 0.079</div>	$2(Y_x - 0.079) = 1 \times 0.095$
11	Yx		$Y_x - 0.079 = \frac{(0.095)}{2}$
12	0.174		$Y_x = 0.0475 + 0.079$
Resultado para 11			Yx = 0.1265


Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 17: Interpolación Lineal 17.6.

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
16	0.603	<div>18 - 16 1.00 - 0.603</div> <div>17.6 - 16 $Y_x - 0.603$</div> 	$2(Y_x - 0.603) = 1.6 \times 0.397$
17.6	Y_x		$Y_x - 0.603 = \frac{(0.6352)}{2}$
18	1.00		$Y_x = 0.3176 + 0.603$
Resultado para 17.6			$Y_x = 0.9206$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 18: Interpolación Lineal 19.8

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
18	1.00	<div>20 - 18 1.57 - 1.00</div> <div>19.8 - 18 Yx - 1.000</div> 	$2(Yx - 1.00) = 1.8 \times 0.57$
19.8	Yx		$Yx - 1.00 = \frac{(1.026)}{2}$
20	1.57		$Yx = 0.513 + 1.00$
Resultado para 19.8			Yx = 1.513

Fuente: Elaboración propia.

2.12. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

Se define como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips ó 18,000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento.

Se obtiene conociendo el tránsito de diseño (TD) y los factores de equivalencia (FESAL). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{ESAL} = \text{TD} * \text{FESAL}$$

(Ecuación No. 7)

Tabla No. 19: Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).

Tipo de vehiculos	Peso X eje(Ton.met)	Peso X eje (kips)	Tipo de eje	To.2018	TD	TD corregido	Factor ESAL	ESAL de diseño
Moto		0.00	Simple	35.00	172207.00	172207.00		
		0.00	Simple					
Autos	1.00	2.20	Simple	39.00	191888.00	191888.00	0.00038	73.00
	1.00	2.20	Simple				0.00038	73.00
Jeep	1.00	2.20	Simple	4.00	19681.00	19681.00	0.00038	7.00
	1.00	2.20	Simple				0.00038	7.00
Caminoneta	1.00	2.20	Simple	31.00	152527.00	152527.00	0.00038	58.00
	2.00	4.40	Simple				0.0034	519.00
Mc bus	2.00	4.40	Simple	2.00	9841.00	9841.00	0.0034	33.00
	4.00	8.80	Simple				0.0502	494.00
Mn bus	4.00	8.80	Simple	2.00	9841.00	9841.00	0.0502	494.00
	8.00	17.60	Simple				0.9206	9060.00
C2 liviano	4.00	8.80	Simple	9.00	44282.00	44282.00	0.0502	2223.00
	8.00	17.60	Simple				0.9206	40766.00
C2	5.00	11.00	Simple	3.00	14761.00	14761.00	0.1265	1867.00
	10.00	22.00	Simple				2.35	34688.00
Vehiculo Agricola	4.50	9.90	Simple	1.00	4921.00	4921.00	0.0766	377.00
	9.00	19.80	Simple				1.513	7445.00
	4.00	8.80	Simple				0.0502	247.00
	4.00	8.80	Simple				0.0502	247.00
					Total ESAL´S de Diseño (W18)			98678.00

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del tramo de vía en estudio se obtuvo un valor de: **ESAL o W18 de 98,678.00** ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

CAPÍTULO III

ESTUDIO

GEOTÉCNICO

3.1. Introducción.

La exploración e investigación del suelo mediante el estudio geotécnico permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo; la composición de las capas, espesores existentes y su uso para el desarrollo de un proyecto de construcción, siendo ineludible para el diseño estructural de carreteras, ya que permite analizar el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades y diseñar las bases o cimentaciones de la vía, de este depende la vida útil de la carretera.

Los aspectos que se consideran en el estudio geotécnico son las especificaciones de los materiales que integran el pavimento articulado, análisis de los sondeos de línea de la vía en estudio y las propiedades de materiales del banco de préstamo cercano al sitio, realizando las investigaciones correspondientes para conocer las condiciones de los suelos como: la calidad, textura y propiedades físicas, de manera que por sus propiedades y características permitan determinar el diseño apropiado de la estructura de pavimento de la vía en estudio.

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación efectuada a lo largo del tramo, determinando las diferentes propiedades del suelo mediante los ensayos de: análisis granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor estándar y modificado y la capacidad portante mediante el índice CBR. Todas las pruebas y ensayos, se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO.

Tabla No. 20: Ensayes practicados a las muestras de suelos de sondeos de línea y a Bancos de Préstamo.

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN ASTM	ESPECIFICACIÓN AASTHO
Granulometría	D-422	T-88-10
Límite Líquido LL	D-4318	T-89-10
Límite Plástico LP	D-4318	T-90-00
Próctor Modificado	D-1567	T-180-10
CBR	D-1883	T-193-10

Fuente: AASHTO, Trigésimo primera Edición. Año 2011.

3.2. Propiedades y consideraciones para elección del banco a utilizar.

3.2.1. Base.

Es la capa de material colocado sobre la subbase o la terracería para soportar la capa superficial del pavimento, está tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito a la subrasante. Las bases especificadas según el manual centroamericano para diseño de pavimentos son las siguientes:

- Base Granular.

Material Constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, dependiendo todas estas propiedades de la proporción de finos con respecto al agregado grueso.

- Base Estabilizada.

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia.

El material de la base debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2000:

Tabla No. 21: Especificaciones de materiales para base granular.

Propiedad	Especificación	Metodología
Límite Líquido	25% máx.	AASTHO-89
Límite Plástico	6% máx.	AASTHO-90
CBR	80% min.	AASTHO-193
Desgaste de los Angeles	50% máx.	AASTHO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASTHO-104
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx.	AASTHO-191 Y/O T-238 (Insitu)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b)

3.2.2. Sub-rasante o Terreno Natural.

Comprende la capa de terreno en la longitud total de la vía, y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño, esta puede estar formada en corte o relleno, constituyendo la fundación para el pavimento articulado y sirviendo de soporte a la estructura de pavimento.

El espesor de la estructura de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante por lo que esta debe de cumplir con los requisitos establecidos en las normas NIC 2000, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por eje a la capacidad de la sub-rasante. Los materiales apropiados para esta capa son de preferencia los suelos granulares.

Tabla No. 22: Especificaciones de materiales de terraplenes y capa de sub-rasante.

Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-Rasante	Metodología
Límite Líquido	40% máx.	30% máx.	AASTHO-89
Límite Plástico	40% máx.	30% máx.	AASTHO-90
CBR	10% min.	20% min.	AASTHO-193
% Malla N°200	40% máx.	30% máx.	AASTHO-96
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx. (AASTHO-99)	95% min. Del peso volumétrico seco máx. (AASTHO-T-180)	AASTHO-191 Y/O T-238 (Insitu)

Fuente: Especificaciones generales NIC– 2000.

3.3. Trabajos de campo y laboratorio.

3.3.1. Muestreo In Situ

Se realizaron 6 exploraciones de pozo a cielo abierto, para la toma de muestras de suelos alteradas, en toda la longitud del tramo.

Las exploraciones se realizaron a una distancia de 330 metros de manera alterna en ambos sentidos de la vía, a una profundidad excavada de 1.50 metros por 0.40 de ancho y 0.40 de largo, en cada pozo, lo cual está dentro de los criterios para la

ejecución de perforaciones para definir el perfil de los suelos de carretera según el libro de Ingeniería de Pavimentos del Ing. Alfonso Montejo Fonseca que indica un espaciamiento de 250 a 500 m y una profundidad de 1.50 m. (Montejo Fonseca, 2002).

Se identificaron las características visuales de cada estrato en su estado natural y se tomaron muestras separadas del sub suelo encontrado, con el fin de conocer sus propiedades físico mecánicas a través de los ensayos de clasificación conforme al estándar de la AASHTO M-145 mostrados en la tabla No.23, página No. 36.

3.4. Características del suelo.

El material predominante en la segunda y tercera capa del tramo, de acuerdo a los sondeos preliminares, está compuesto por material clasificado como A-7-5 y A-7-6, Se trata de suelos que granulométricamente son arcillosos y se caracterizan por tener un pasante #200 igual o mayor al 36%, un límite líquido alrededor del 30% - 40%(LP mayor a 30 para A-7-6 y menor de 30 para A-7-5), y un índice de plasticidad igual o mayor al 11%.

Estos suelos según la AASHTO, son clasificados como deficientes (A-7), debido a la variación de humedad generan pérdida de capacidad del suelo, lo que indica que es un material malo para terracería, por lo que se recomienda ser sustituidos por un material de mayor calidad.

En la capa de rodadura se encontraron suelos granulares arcillosos o limosos clasificados como A-2-6 y A-2-7 (0), en un índice de plasticidad que varía de 11 a 20 %, un límite líquido de 32 a 53%, estos suelos son calificados de regular a bueno para su utilización en subrasante según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO.

En menor cantidad existen suelos limosos A-4(0) (partículas finas), según el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, este material se caracteriza de regular a malo para material de cimentación de terracería.

La determinación de las diferentes propiedades del suelo, realizadas mediante las actividades mencionadas anteriormente, tienen como objetivo el establecimiento de una división sistemática de los diferentes tipos de suelo existentes de la vía, atendiendo a la similitud de sus características físicas, índices de grupos, sub grupos, CBR y sus propiedades geo mecánicas.

Con la finalidad de cumplir el objetivo planteado en este capítulo, se procedió con el análisis de dos muestras de los bancos de materiales, las cuales fueron sometidas a ensayos de laboratorios para conocer sus propiedades físico – mecánicas. **(Ver anexo C, Tablas No. 73 -No. 74, págs. XX -XXI)**

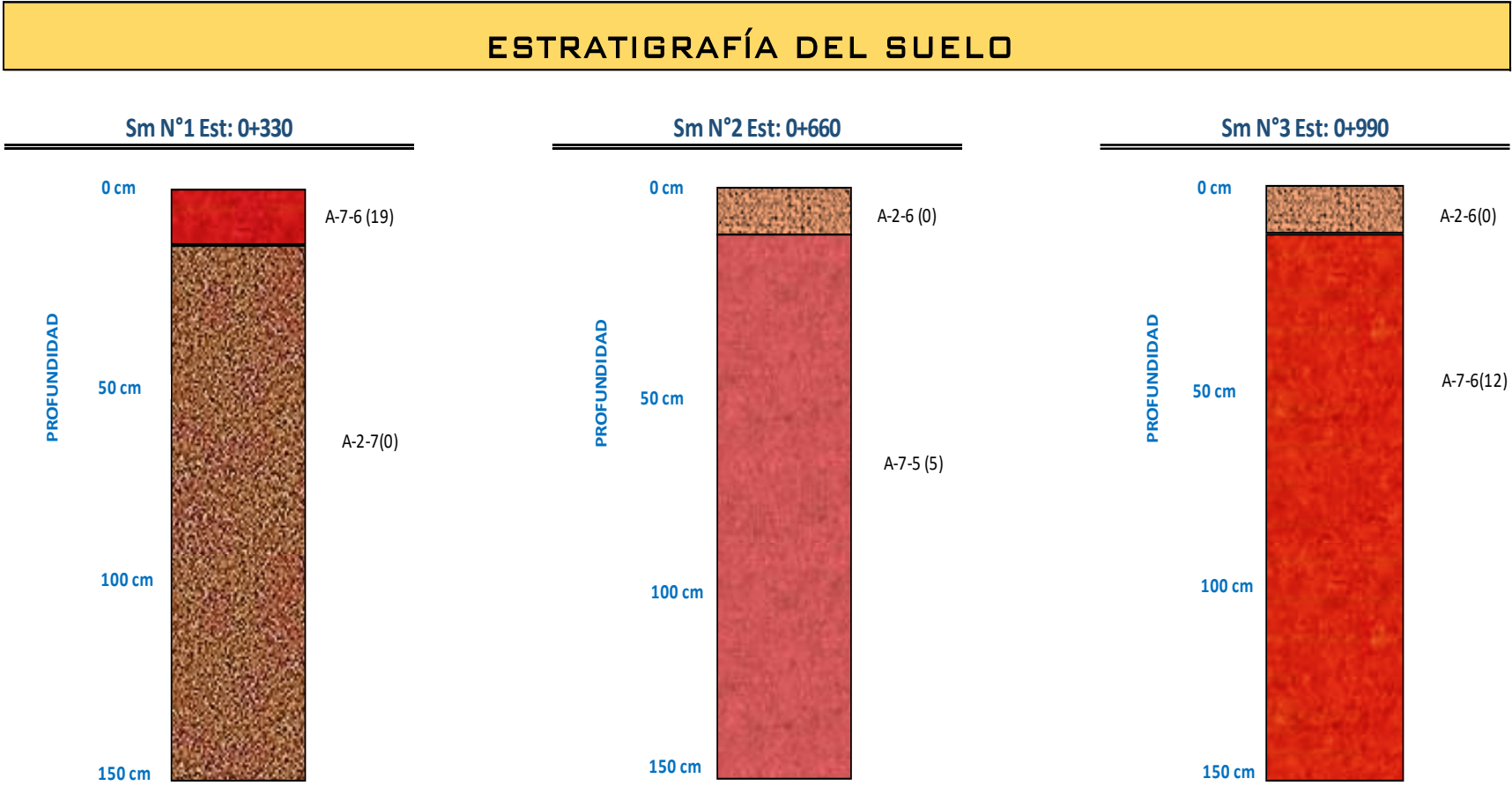
A continuación, se muestra en Tabla No.23 pág. 36 los resultados de los ensayos de laboratorio de los sondeos de línea suministrados por la Alcaldía Municipal de Ocotlán realizados por la firma consultora Ingeniera, Constructora de Obras de Ingeniería Civil. S.A (COICSA)

Tabla No. 23: Sondeos realizados a lo largo del tramo.

INFORMACIÓN DE MUESTRAS								DITRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA							LÍMITES			CLASIFICACIÓN DE SUELOS			PESO VOLUMÉTRICO		RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA			CAMPO
								3"	2"	3/4"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	ASTM D-4318			AASHTO M-145		ASTM D-2487	AASHTO T-180		AASHTO T 193			
Estación	Banda	Dist. Desde LC m	Sondeo N°	Muestra N°	Inicia capa cm	Finaliza capa cm	Espesor de capa cm	Tamiz % pasa 75.00 mm	Tamiz % pasa 50.00 mm	Tamiz % pasa 19.00 mm	Tamiz % pasa 4.75 mm	Tamiz % pasa 2.00 mm	Tamiz % pasa 0.425 mm	Tamiz % pasa 0.075 mm	LL %	LP %	IP %	HRB	Índice de Grupo	SUCS	D.S Máx kg/m³	Hum. Opt. %	CBR 0.1" 90 %	CBR 0.1" 95 %	CBR 0.1" 100 %	Observaciones
0+330	Izquierda	1.0	1	1	0	10	10	100	100	97	96	94	81	75.0	53	29	24	A-7-6	19	MH	1517	25.4	1.5	1.9	2.4	Arcilla o Limo Color Marron
0+330	Izquierda	1.0	1	2	10	150	140	100	100	86	60	44	19	9.4	53	34	19	A-2-7	0	SW-SM	1706	24.7	1.0	6.0	10.0	Material granular arcilloso color café claro
0+660	Derecha	2.2	2	1	0	10	10	100	100	77	56	47	35	27.5	33	20	13	A-2-6	0	GC	1600	21.2	15.0	18.0	22.0	Grava limosa color café claro
0+660	Derecha	2.2	2	2	10	30	20	100	100	100	100	98	88	80.8	71	43	28	A-7-5	0	MH	1437	27.0	3.6	4.4	5.4	Arcilla o limo café con puntos rojos
0+660	Derecha	2.2	2	3	30	150	120	100	100	83	70	64	54	43.8	49	31	18	A-7-5	5	GM	1437	27.0	3.6	4.4	5.4	Arcilla o limo café con puntos rojos
0+990	Izquierda	2.2	3	1	0	10	10	100	100	87	70	62	48	35.2	32	21	11	A-2-6	0	SC	1600	21.2	15.0	18.0	22.0	Grava limosa color café claro
0+990	Izquierda	2.2	3	2	10	150	140	100	100	98	89	83	72	60.6	43	18	25	A-7-6	12	ML	1517	25.4	1.5	1.9	2.4	Arcilla o Limo Color Marron
1+320	Derecha	2.0	4	1	0	10	10	100	100	95	75	63	49	42.9	32	23	9	A-4	2	SC	-	-	-	-	-	Material granular Limoso.
1+320	Derecha	2.0	4	2	10	40	30	100	100	74	41	30	17	8.8	49	29	20	A-2-7	0	GP-GM	1706	24.7	1.0	6.0	10.0	Material granular arcilloso color café claro
1+320	Derecha	2.0	4	3	40	150	110	100	100	99	98	98	91	76.2	55	30	25	A-7-5	20	MH	1437	27.0	3.6	4.4	5.4	Arcilla o limo café con puntos rojos
1+650	Izquierda	1.0	5	1	0	35	35	100	80	28	14	10	6	3.3	34	22	12	A-2-6	0	GP	1600	21.2	15.0	18.0	22.0	Grava limosa color café claro
1+650	Izquierda	1.0	5	2	35	60	25	100	100	99	98	98	91	76.2	55	30	25	A-7-5	20	MH	1437	27.0	3.6	4.4	5.4	Sondeos de línea (no se pudo ensayar material)
1+650	Izquierda	1.0	5	3	60	150	90	100	100	92	82	71	56	44.7	49	33	16	A-7-5	4	SM	1437	27.0	3.6	4.4	5.4	Arcilla o limo café con puntos rojos
1+980	Derecha	1.5	6	1	0	10	10	100	100	88	61	49	34	23.6	37	18	19	A-2-6	1	GC	1600	21.2	15.0	18.0	22.0	Grava limosa color café claro
1+980	Derecha	1.5	6	2	10	40	30	100	100	90	61	46	29	18.4	37	20	17	A-2-6	0	SC	1600	21.2	15.0	18.0	22.0	Grava limosa color café claro
1+980	Derecha	1.5	6	3	40	150	110	100	100	94	78	68	50	36.5	48	32	16	A-7-5	2	SM	1437	27.0	3.6	4.4	5.4	Arcilla o limo café con puntos rojos

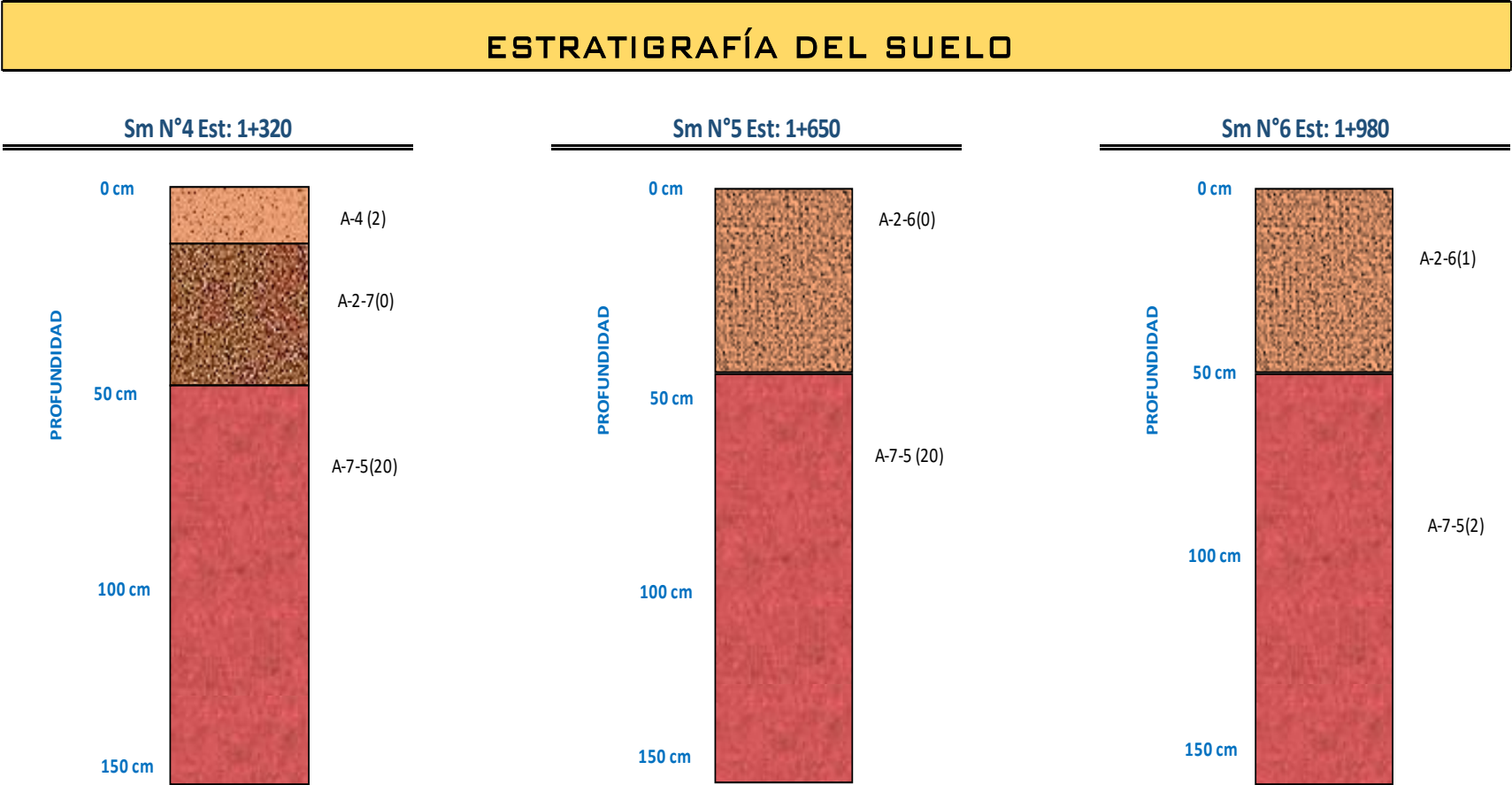
Fuente: Sondeos elaborados a lo largo del tramo por COICSA.

Imagen No. 3 Estratigrafía del suelo.



Fuente: Sondeos elaborados a lo largo del tramo por COICSA.

Imagen No. 4 Estratigrafía del suelo.



Fuente: Sondeos elaborados a lo largo del tramo por COICSA.

3.5. Investigación de bancos de materiales.

Con el fin de contar con las fuentes de materiales requeridas para la fase constructiva de las obras de terracería, fundamentalmente para la conformación de la estructura de pavimento, se realizó un reconocimiento en la zona a fin de detectar las potenciales fuentes o bancos de materiales existentes en las cercanías y sectores aledaños al proyecto, referenciados por la Alcaldía municipal de la ciudad de Ocotál – Nueva Segovia.

En toda la zona cercana al lugar del estudio se localizaron 2 bancos de materiales:

El **banco No.1**, ubicado a 2 km hacia la salida Noreste del barrio Sandino, Ocotál hacia el municipio de Mozonte, el cual según los resultados obtenidos del laboratorio de suelos, contiene un material que de acuerdo al sistema para clasificación de los suelos de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) en su designación M -145 se clasifica como A-2-4(0), estos son suelos que contienen grava limo arcillosa /arena de baja plasticidad, su límite líquido es de 31% y el índice plástico es de 5%, contiene un CBR de 22%.

Los resultados de los ensayos de laboratorio indican que el material de este banco no cumple con su límite líquido al tenerlo más alto que el establecido en las especificaciones técnicas (25% máx.), y su C.B.R es bajo con respecto a lo requerido para material de base según las normas Nic-2000. Sección: 1003.09 (b).

Los materiales del **banco No.2**, ubicado a 1.8 km hacia la Ciudad de Ocotál, a diferencia del Banco N° 1, presenta una buena granulometría, en base al análisis realizado a los ensayos de laboratorio contiene un material que de acuerdo al sistema para clasificación de los suelos de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) en su designación M -145 se clasifica como A-1-a (0), son suelos que contienen gravas limo arenosas, es un material no plástico (NP), y contiene un C.B.R de 74%.

Los resultados obtenidos mediante el ensaye de CBR permitió la determinación de la consistencia de los suelos encontrados en los bancos.

3.6. Resultados de los ensayos de Laboratorio realizados a los Bancos de préstamo.

Los resultados de los ensayos de laboratorio a los materiales de los bancos fueron realizados por la firma consultora Ingeniera, Constructora de Obras de Ingeniería Civil. S.A (COICSA). A continuación, se presentan en las **tablas N°24 y N°25**.

Tabla No.24: Resultados de los Ensayos realizado en Banco de Material # 1

Resultado banco de préstamo N° 1	
Ensayo	Banco N°1 Mozonte
Muestra	2
Profundidad (cm)	Material tomado del corte
Granulometría	
% que pasa por el tamiz 3"	100
2"	100
3/4"	91
3/8"	
N°4	74
N°10	65
N°40 (a)	52
N°200 (b)	32
Relaciones de finos: (b)/(a)	0.62
Límites de Attemberg	
Límite Líquido	31
Límite de Plasticidad	26
Indice de Plasticidad	5
Clasificación	
Clasificacion H.R.B	A-2-4(0)
Clasificacion SUCS	
%CBR al 95% de compactación	22

Fuente: Constructora de Obras de Ingeniería Civil. S.A (COICSA)

Tabla No. 25: Resultados de los Ensayos realizado en Banco de Material # 2

Resultado banco de préstamo N° 2	
Ensayo	Banco N°2 Ocotal
Muestra	1
Profundidad (cm)	Material tomado de acopio
Granulometría	
% que pasa por el tamiz 3"	100
2"	100
1 1/2"	97
1"	83
3/4"	73
3/8"	48
N°4	34
N°10	26
N°40 (a)	13
N°200 (b)	6.2
Relaciones de finos: (b)/(a)	0.48
Límites de Attemberg	
Límite Líquido	-
Límite de Plasticidad	-
Indice de Plasticidad	NP
Clasificación	
Clasificación H.R.B	A-1-a(0)
Clasificación SUCS	
%CBR al 95% de Compactación	74
Ensayos Adicionales	
Peso volumétrico seco suelto (Kg/m3)	1533
Peso volumétrico seco suelto compactado(Kg/m3)	1659

Fuente: Constructora de Obras de Ingeniería Civil. S.A (COICSA)

Para la **base granular** se seleccionó el material del **banco No.2 (Ocotal)**, debido a que los análisis de laboratorio de suelos demuestran que el material de este banco cumple con las especificaciones granulométricas exigidas para material de base de acuerdo a la norma Nic-2000. Sección: 1003.09 (b), sin embargo, no cumple con la sección **1003.23 II b. de la NIC - 2000** la cual indica que, para bases incluyendo las estabilizadas mecánicamente el CBR al 95% de compactación deberá ser 80% mínimo, no obstante, la tolerancia permisible para el CBR de bases granulares según

el libro de Ingeniería de Pavimentos del Ing. Alfonso Montejó Fonseca corresponde al 70% (**Ver Tabla No. 27 pág. 43**) , siendo el de este banco de 74% de acuerdo a los ensayos de laboratorio, lo cual indica que se puede emplear el material como base granular.

Tabla No. 26: Requisitos que debe cumplir el Banco No. 2, para ser utilizado como Base.

Prueba		Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco No. 2	Valoración
Graduación		Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste		Máx. 50%	-	-
Índice de plasticidad		Máx. 10%	NP	Cumple
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación		Base Min. 80%	74%	No Cumple
Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.				
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices		Banco No.2	Valoración
75	100		100	Cumple
4.75	30-70		33	Cumple
0.075	0-15		10	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC-2000.

Tabla No. 27: Plan general de Control de bases Granulares.

<p align="center">Tabla 8.35 Plan general de control (Bases granulares)</p>				
Ensayo	Lote	Frecuencia (No. de muestra por lote)	Valor especificado	Tolerancias
CBR	Depósito homogéneo (*)	1	80% + al 100% de la γ_d máx. del Proctor Modificado.	Ningún valor de ensayo podrá ser menor de 70%.
Expansión en CBR	Depósito homogéneo (*)	1	0	Ninguna
Desgaste Los Angeles	Depósito homogéneo (*)	1	40% -	Ningún ensayo podrá dar más de 45%
Pérdidas en sulfato de sodio	Depósito homogéneo (*)	1	12% -	Ningún valor de ensayo podrá ser mayor del 15%
Partículas fracturadas mecánicamente en agregado grueso	Semanal	1	50% +	Ningún ensayo individual podrá dar un valor menor de 40%.
Indíces de aplanamiento y alargamiento	Semanal	1	35% -	En ningún ensayo individual de las dos pruebas podrá haber resultados mayores de 40%.
Compactación en laboratorio	2000 m ³	1	-	-
Equivalente de arena	2000 m ³	1	30% +	Ningún resultado de ensayo podrá ser menor de 27%.
Granulometría	Jornada	1	Según especificación	El tamaño máximo no rebasará la 1/2 del espesor de capa compactada.
Plasticidad	Jornada	1	NP	Ninguna
Compactación en obra	Jornada	1	100% + de γ_d máx. de Proctor Modificado	Ningún resultado de ensayo podrá ser inferior a 98%.
Espesor capa compactada	Jornada	1	El de diseño	Ningún valor individual podrá tener un defecto mayor de 1 cm con respecto al valor de diseño.
<p>(*) Dado que el material a usar en la construcción de la base debe ser triturado, clasificado y mezclado, se entiende por depósito homogéneo la producción de un determinado material proveniente de una misma fuente, el cual se ensayará luego de sufrir el proceso mecánico necesario para la obtención de los agregados a utilizar en la obra.</p>				

Fuente: (Montejo Fonseca, 2002)

3.8. Determinación del CBR de Diseño de subrasante.

El CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo las condiciones de humedad y densidad cuidadosamente controladas, este método de ensayo se utiliza para evaluar la resistencia potencial de materiales para capas de subrasantes, subbase y base, para uso en pavimentos de carreteras. El valor de CBR obtenido forma parte integral de varios métodos de diseño de pavimentos.

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR DE DISEÑO, el cual recomienda tomar un valor tal, que el 60%, el 75% o el 87.5%, de los valores individuales obtenidos sean iguales o mayores que él, de acuerdo con el tránsito que se espera que circule por el pavimento, como se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla No. 28: Criterio del Instituto del Asfalto para determinar el CBR de Diseño.

Cargas Equivalentes Totales (ESAL'S)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL'S	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL'S	75
> de 1,000,000 ESAL'S	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1,991.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de CBR al 95% en los sondeos efectuados en el proyecto, en **tabla No. 29 pág. 45**, los cuales serán procesados a como lo establece el Instituto del Asfalto con su Gráfica respectiva.

Tabla No. 29: Resultados obtenidos de CBR al 95% en los sondeos efectuados en el proyecto.

INFORMACIÓN DE MUESTRAS			CLASIFICACIÓN DE SUELOS		RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA
			AASHTO M-145	ASTM D-2487	AASHTO T 193
Estación	Sondeo N°	Muestra N°	HRB	SUCS	CBR 0.1" 95 %
0+330	1	2	A-2-7	SW-SM	6.0
0+660	2	2	A-7-5	MH	4.4
0+660	2	3	A-7-5	GM	4.4
0+990	3	2	A-7-6	ML	1.9
1+320	4	2	A-2-7	GP-GM	6.0
1+320	4	3	A-7-5	MH	4.4
1+650	5	2	A-7-5	MH	4.4
1+650	5	3	A-7-5	SM	4.4
1+980	6	2	A-2-6	SC	18.0
1+980	6	3	A-7-5	SM	4.4

Fuente: Constructora de obras de Ingeniería civiles S.A. (Alcaldía Municipal de Ocotlán N.S)

Tabla No. 30: Cálculos para la elaboración de gráfico No. 9

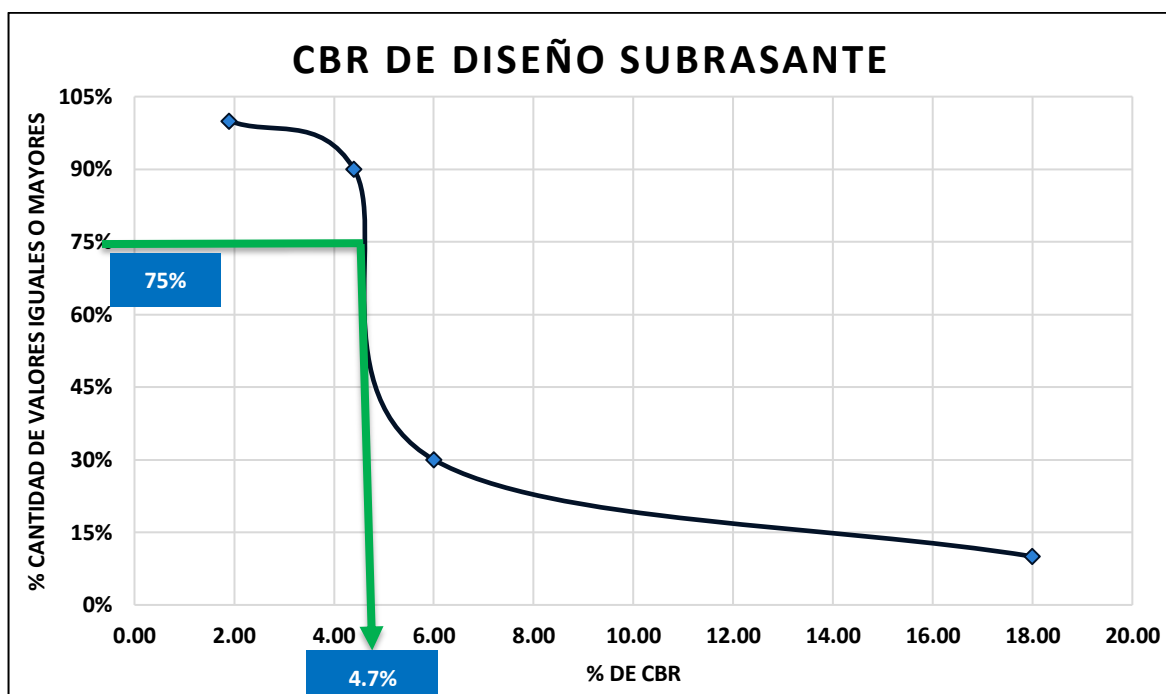
Clasificación AASHTO	CBR 95%	Frecuencia	Cantidades de Valores Iguales o mayores.	Porcentajes
A-7-6	2.00	1	10	100%
A-7-5	4.00	6	9	90%
A-2-7	6.00	2	3	30%
A-2-6	18.00	1	1	10%

Fuente: Libro de Pavimentos para carreteras. Fonseca Montejó, Segunda Edición, 2001, pág. 70

Para el cálculo de CBR de diseño se ordenaron los valores de CBR de menor a mayor y se determinó el valor de porcentaje de valores mayores o iguales a cada uno, estos se utilizaron para elaborar la gráfica de la relación con los porcentajes de distribución de CBR al 95%, (Ver Graf. No. 09, pág. 46)

Aplicando el criterio de la tabla No. 27 el Percentil de diseño en base al ESAL's de diseño es de 75%, según los ejes equivalentes (ESAL'S) calculados, Por lo tanto, se obtiene:

Gráfico No. 09: CBR de Diseño para la Sub-rasante.



Fuente: Elaboración propia.

En base a estos datos de los resultados de los ensayos de línea se elabora el gráfico donde se determina el CBR de Diseño para la sub-rasante, resultando un valor igual a **4.7%**. Este porcentaje refleja una muestra representativa de los valores del CBR encontrados en la línea.

CAPÍTULO IV
DISEÑO
ESTRUCTURAL DE
PAVIMENTO
ARTICULADO

4.1. Introducción.

En este capítulo abordaremos el cálculo de espesores del pavimento articulado se realizará de acuerdo con el Método desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials correspondiente a la versión de 1993 (AASHTO, 1993), mediante el programa computarizado: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

El pavimento es la estructura esencial de una vía constituida por capas superpuestas, generalmente horizontales denominadas sub rasante, sub base, base y carpeta de rodamiento; con el fin de resistir adecuadamente las cargas al terreno.

El diseño estructural del pavimento consiste en analizar las diferentes variables independientes que son consideradas en la metodología recomendada para el diseño estructural de los componentes del pavimento, determinar la combinación de los tipos de materiales disponibles y los espesores de capas ajustadas a las condiciones del diseño, en función del tráfico, geotecnia, medio ambiente y costos.

El pavimento articulado o de adoquines está compuesto por pequeños bloques prefabricados, normalmente de concreto, que se denominan en nuestro medio como adoquines; se asientan sobre un colchón de arena soportado por una capa de sub-base o directamente sobre la sub-rasante. Su diseño, como todo pavimento, debe estar de acuerdo con la capacidad de soporte de la subrasante para prevenir su deformación.

4. 2. Método para el Diseño de Pavimento Articulado (AASHTO-93).

El diseño para el pavimento según la AASHTO está basado en la determinación del Número Estructural “SN” que debe soportar el nivel de carga exigido por el proyecto, el cual está relacionado con la determinación del número de ejes equivalentes de 18 Kip en el carril de diseño.

El método de la AASHTO 93, contempla la implementación de modelos matemáticos donde se involucran variables que condicionan el desarrollo de estos.

Es el más usado y cuenta con dos técnicas de diseño para estructuras de pavimento: rígido y flexible. En el caso de pavimentos articulados, la AASHTO 93 recomienda usar en principio los mismos criterios de diseño utilizados para el diseño de pavimento flexible.

El método requiere información basada en las características y propiedades de los materiales que conforman los suelos de cada capa de la estructura, así como la composición vehicular que someterá la estructura de pavimento a las cargas variables de tránsito.

Los criterios que considera el método para el cálculo de espesores de capa son:

1. Determinar el número de Ejes Equivalentes (ESAL'S)
2. Obtener las Variables de diseño:
 - Factores Equivalente de Carga.
 - Peso por ejes.
 - Confiabilidad deseada
 - Desviación Estándar
 - Serviciabilidad.
 - Módulo de Resiliencia.
3. Establecer las Propiedades de los materiales de cada capa, representada por los coeficientes estructurales (a_i).
4. Calcular los espesores del pavimento considerando el esfuerzo a la compresión de cada capa.

4.3. Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93.

Para el diseño de la estructura de pavimento articulado se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

4.3.1. Confiabilidad (R).

El nivel de confianza es uno de los parámetros importantes introducidos por la AASHTO al diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las solicitaciones exteriores. La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las solicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado (Hudiel, 2012).

Dada la ubicación en la que se encuentra la vía, y el tránsito que circula en ella es liviano, se asume un valor de confiabilidad (**R**) de **90%**, que corresponde a un valor recomendado, para una clasificación como una zona rural y para tipo de colectora rural

Tabla No.31: Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO.

CONFIABILIDAD (R)		
Tipo de Camino	Confiabilidad Recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rurales Interestatales y Autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 137.

4.3.2. Desviación estándar.

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento. La guía de la AASHTO - 1993 recomienda adoptar valores de S_o comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

Tabla No. 32: Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles.

DESVIACION ESTANDAR COMBINADO (So)		
Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Articulado
En Construcción Nueva	0.35	0.45
En sobre Capas	0.39	0.49

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Se utilizará un valor de desviación estándar de **So = 0.45** para este diseño.

4.3.3. Serviciabilidad.

Los valores fueron previamente escogidos en el capítulo II según el Manual Centroamericano para El Diseño de Pavimentos (2004). Los valores recomendados son **Po = 4.2** para pavimentos articulados y **Pt = 2.0** para carreteras cuya clasificación es colectoras rurales. Por lo tanto, el valor de la pérdida de la Serviciabilidad sustituyendo la Ecuación No. 6 de la página 25 es:

$$\Delta \text{ PSI} = 2.2$$

4.3.4. Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr).

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de la fundación del camino y otras capas, está en función de la sub rasante para cuantificar la capacidad de soporte del pavimento, en este caso articulado. La guía de diseño AASHTO establece la correlación para determinar el MR usando el CBR con la siguiente ecuación:

Tabla No. 33: Ecuaciones de correlación.

Valore de CBR	Ecuación de correlación
CBR < 10%	Mr= 1500 x CBR (Ecuación No. 13)
CBR > 10%	Mr= 4326 x ln(CBR) + 241 (Ecuación No.14)

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

De acuerdo con el Gráfico No. 13 de la página 48 (capítulo III), el CBR de diseño de la sub-rasante resultante es de **4.7%**, por tanto, el módulo de Resiliencia se determina mediante la ecuación No.8:

$$MR = 1500 * CBR$$

(Ecuación No.8)

Donde:

MR: Modulo Resiliente.

CBR: California Bearing Ratio

$$MR = 1500 * 4.7\%$$

$$MR = 7,050 \text{ PSI}$$

4.3.5. Coeficiente de drenaje.

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje.

Es bien sabido que un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la sub-rasante (el módulo recipiente aumenta cuando baja el contenido de humedad), mejorando la calidad del camino y permitiendo el uso de capas más delgadas.

Esta calidad de drenaje se expresa en la fórmula de dimensionado (Número estructural) a través de unos coeficientes de drenaje m , que afectan a las capas no ligadas.

Tabla No. 34: Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.

COEFICIENTE DE DRENAJE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES (m)				
Calidad de Drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	> 1%	1 - 5%	5 - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.70	0.40

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

El valor a utilizar en este diseño fue del $m = 1.00$.

4.3.6. Coeficientes de las capas estructurales.

Además del coeficiente de drenaje, existen otros factores estructurales que involucran las características y propiedades de los diferentes materiales que formarán parte del paquete estructural. El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_n), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal del pavimento flexible. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento. Estos, se representan con la siguiente simbología:

- a_1 : para la carpeta de rodamiento.
- a_2 : para la base estabilizada con cemento.

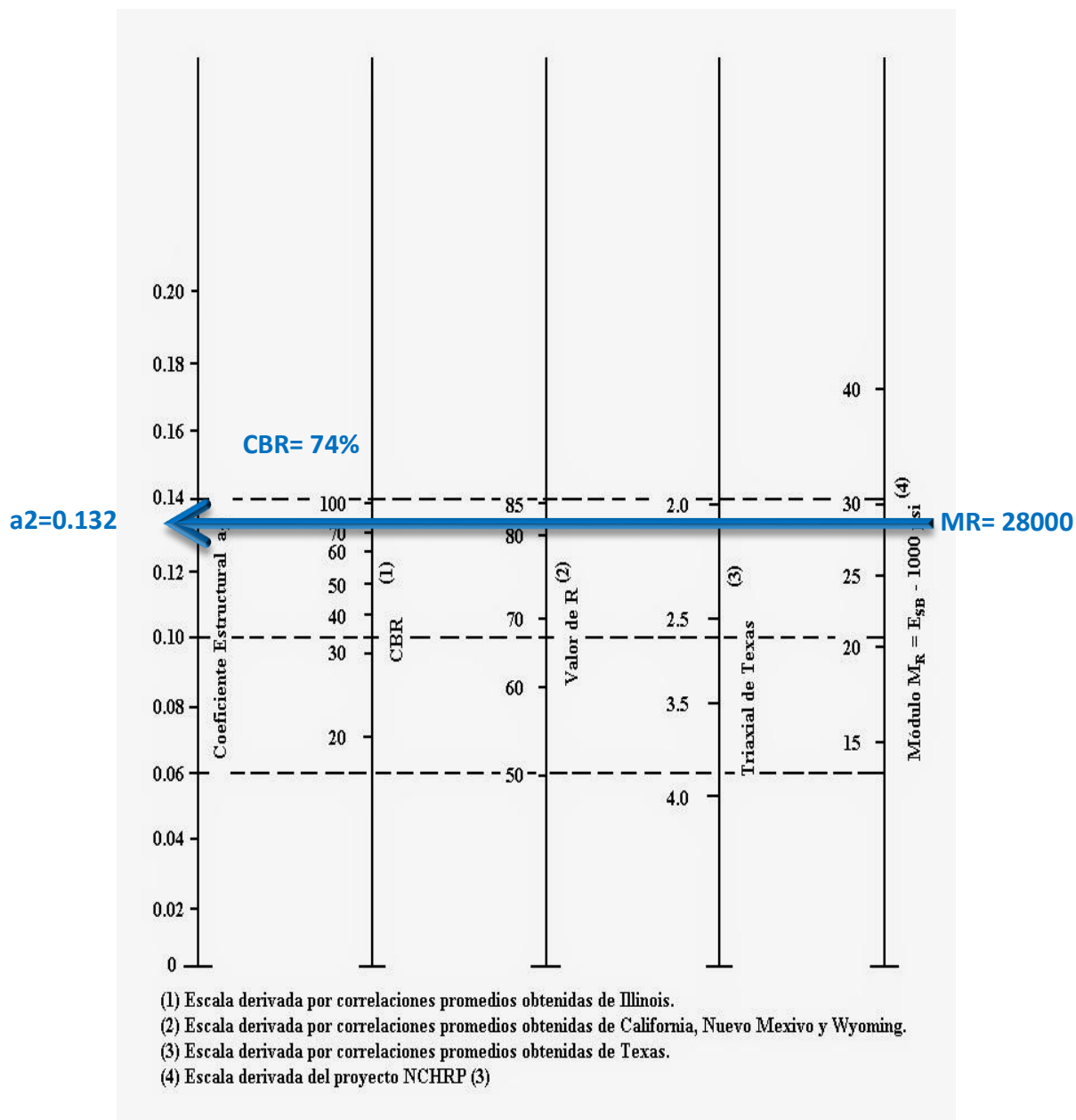
4.3.6.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín de concreto) a_1 .

El coeficiente estructural para el diseño de espesores con adoquín ya está definido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, en el capítulo 7, página 107, cuyo valor es de $a_1 = 0.45$.

4.3.6.2. Coeficiente estructural para base granular a_2 .

El valor del coeficiente estructural de capa de base granular (a_2) se determina con el uso del nomograma de la guía, tomando como parámetro de entrada el valor del CBR del material a emplearse como base granular correspondiendo al 74%, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha con el valor de $a_2 = 0.132$.

Gráfico No. 10: Relación entre el coeficiente estructural para base granular (a_2) y distintos parámetros resistentes.



Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93.

El coeficiente estructural resultante $a_2 = 0.132$, el cual se obtiene del nomograma para bases granulares de la AASHTO-93.

4.3.7. Números estructurales aportados y determinación de espesores

La ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible, deriva de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST. La fórmula general que se usara para determinar los espesores del pavimento es la siguiente **Ecuación N° 09**:

$$SN = SN_1 + SN_2 = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 = a_1 \times m_1 + a_2 \times m_2 \quad (\text{Ecuación No. 9})$$

Donde:

a_1, a_2 , = Son los coeficientes estructurales o de capa.

D_1, D_2 , = Espesores de las capas en pulgadas para la carpeta de rodamiento y la Base.

m_1, m_2 = Son los coeficientes de drenaje de las capas.

Este está basado en que las capas granulares tratadas, deben estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes. El procedimiento para el cálculo de espesores consiste primero en calcular el SN sobre la Sub-Rasante, después se calcula el SN necesarios sobre la capa de Base.

4.3.7.1. Determinación de Números estructurales.

El espesor del adoquín es estándar de $D_1 = 4$ pulgadas. Por tanto, SN_1 ya está dado:

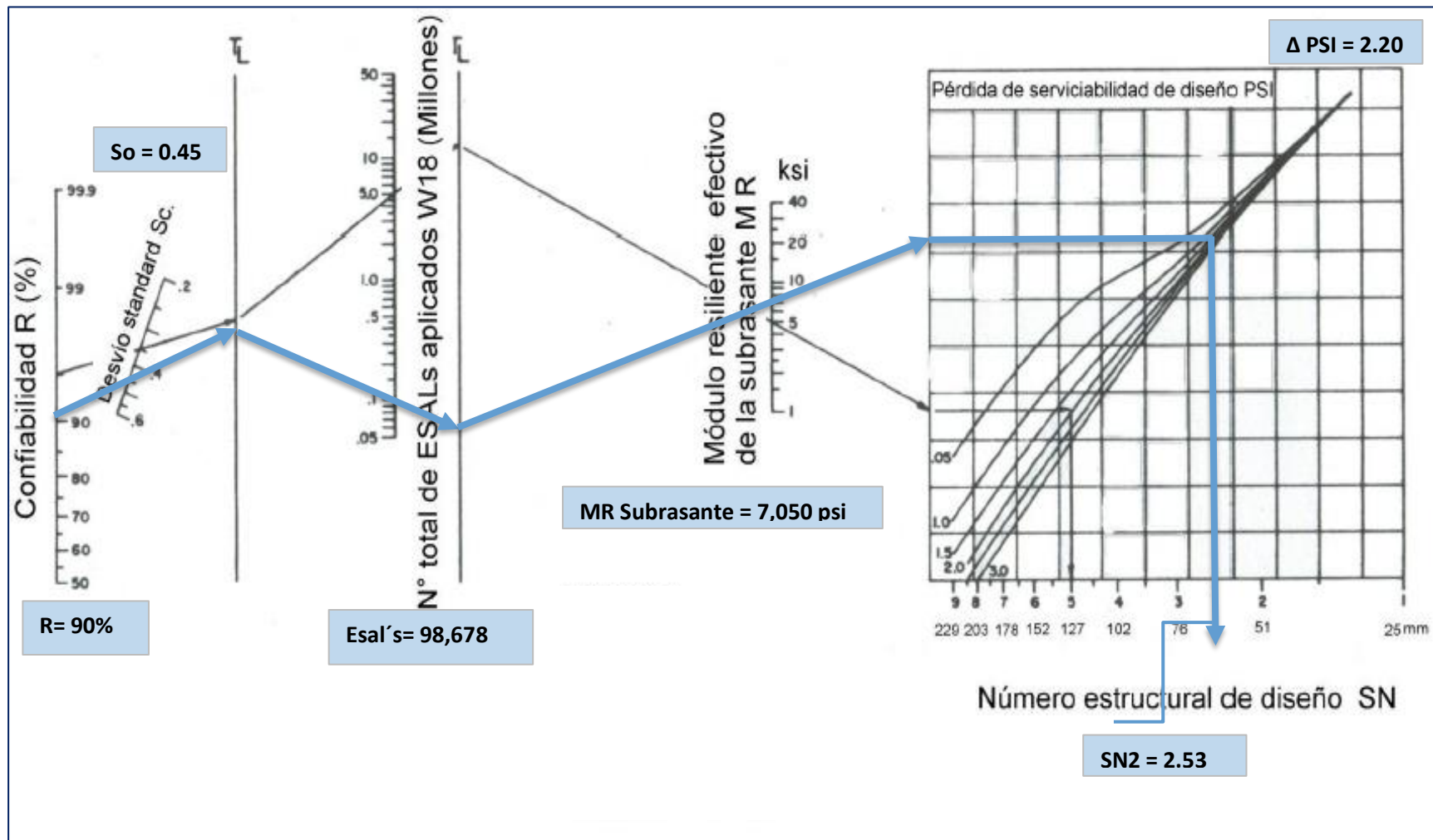
$$SN_1 = D_1 \times a_1 \quad (\text{Ecuación No. 10})$$

$$SN_1 = (4.00 \times 0.45)$$

$$SN_1 = 1.8$$

Para el cálculo de **SN2** (**SN_{REQUERIDO}**) utilizamos el Ábaco establecido por la Guía de diseño de estructura de pavimento (AASHTO 2004). Obteniendo un resultado de **SN₂ = 2.53**.

Gráfico No. 11: Ábaco de Diseño ASSHTO, para el Cálculo de SN2 (SNREQUERIDO).



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93

Procedimiento de cálculo de SN2:

- Se mide con escalamiento la distancia entre 2 y 3 de la gráfica en escala 1:100, la cual dio como resultado **1.40**.
- Se mide la distancia entre 2 y la proyección del **Δ PSI** de la curva para SN2 = **0.70**.
- Se procede a dividir el resultado de la distancia de 2 a la proyección del **Δ PSI**, entre la distancia entre 2 y 3 de la gráfica, dando como resultado **0.50**.
- Se calcula de Antilogaritmo de la relación anteriormente realizada, siendo este **3.3**.
- El resultado del Antilogaritmo se divide entre 10, es decir, su logaritmo de base 10, resultando **0.33**
- Al valor de **Δ PSI** de la gráfica, en este caso 2.2 se le suma el valor anteriormente calculado, lo cual nos da el Valor de SN2 que corresponde a **2.53**.

Donde:

$$SN_2 = \frac{0.70}{1.40} = 0.50 = \log^{-1} (0.50) = \frac{3.30}{10} = 0.33$$

$$SN_2 = 2.53$$

4.3.7.2. Espesor de la base Granular.

Espesor de Base Granular.

$$D_2 = (SN_2 - SN_1) / (a_2 \times m_2) \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$D_2 = (2.53 - 1.8) / (0.132 \times 1.00)$$

$$D_2 = 5.53 \text{ pulgadas de base.}$$

El cálculo de espesor de la base granular da como resultado 5.53 pulgadas por lo que se propone un espesor: **D₂ = 6 pulgadas (15 cm)**, el cual cumple con el mínimo requerido por la AASTHO tal y como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla No. 35: Espesores mínimos recomendados.

Número de ESAL's	Espesor Mínimo (Pulgadas)	
	Pavimento	Base o Subbase Granular
< 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000	3	6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
> 7,000,000	4	6

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

Se corrige el SN_2 :

$$SN_2 = a_2 \times D_2 \times m_2 \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$SN_2 = 0.132 \times 6.00 \times 1.00$$

$$SN_2 = 0.792$$

Como verificación:

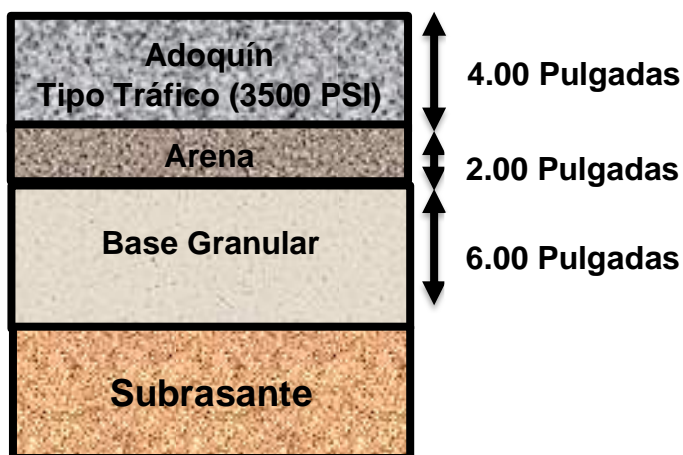
$$SN_1 + SN_2 \geq SN \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$1.80 + 0.792 \geq 2.56$$

$$2.59 \geq 2.53 \text{ **Cumple.**}$$

A continuación, se presenta los resultados del paquete estructural diseñado:

Gráfico No. 12: Espesores Finales.



Fuente: Elaboración propia.

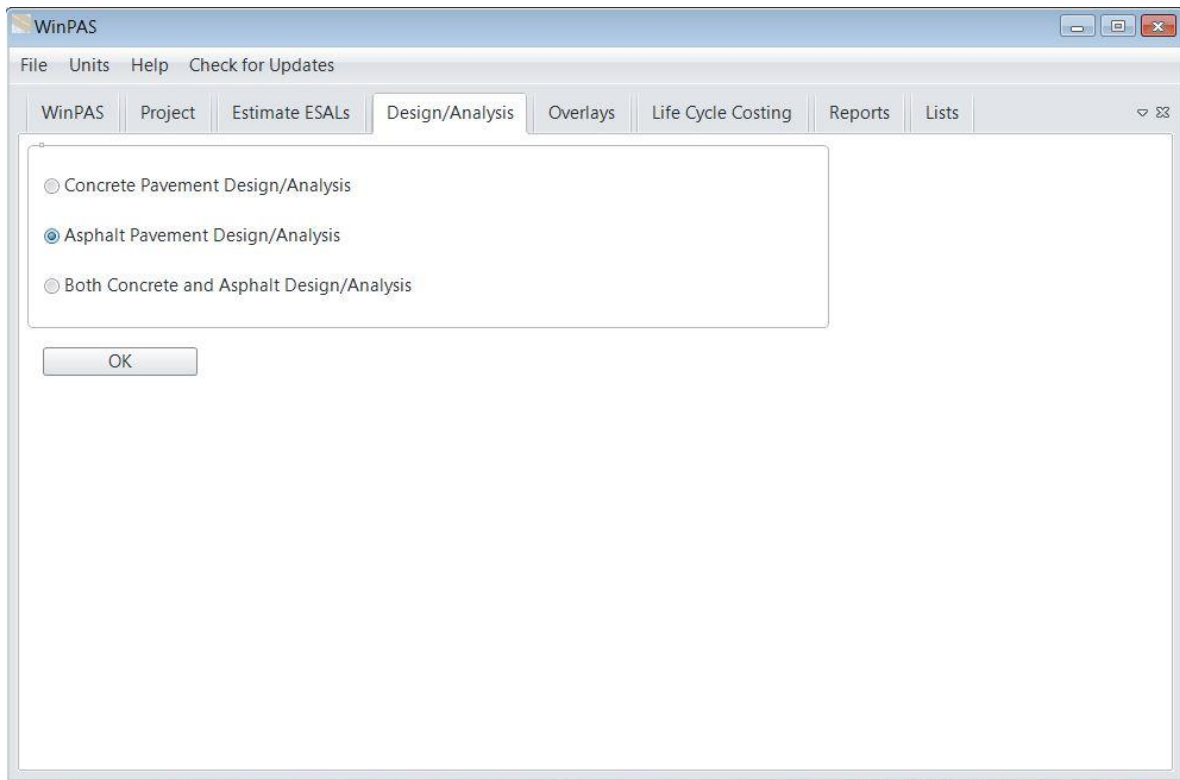
4.4. Uso del programa WinPAS.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinan los espesores de las diferentes capas de pavimentos utilizando el software “**WinPAS (Pavement Analysis Software 12)**”, que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO ya que resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño. A continuación, se muestran los Parámetros de entrada para el programa WinPAS.

- **ESAL'S= 98,678**
- **Confiabilidad= 90%**
- **Desviación Estándar (So)= 0.45**
- **Módulo de Resiliencia = 7,050.00**
- **Índice de serviciabilidad inicial(Po)=4.20**
- **Índice de serviciabilidad final (Pt)= 2.00**
- **Coeficiente de Drenaje (m_i)= 1.00**
- **Coeficiente de Capa a_1 = 0.45**
- **Coeficiente de Capa a_2 = 0.132**

Primero se escoge el tipo de pavimento en este caso la **opción 2** que es para pavimento articulado.

Imagen No. 05: Elección de tipo de pavimento a diseñar.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Segundo paso es introducir los parámetros anteriormente mencionados en el software, se detalla en la **(Imagen No .06)**

Imagen No. 06: Introducción de Datos.

Asphalt Design Inputs

Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs

Asphalt Structural Number 0.00

Calculate Asphalt Structural Number

Total Flexible ESALs 98,678

Reliability 90.00 %

Overall Standard Deviation 0.45

Subgrade Resilient Modulus 7,050.0 psi

Initial Serviceability 4.20

Terminal Serviceability 2.00

Save and Close

Help

Asphalt Pavement Design/Analysis

Warning! Input Value Changed, Press Solve For to Recalculate

Solve For

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 12).

Al introducir los datos anteriores y ejecutar el programa se obtiene un resultado de un número estructural mínimo requerido de **2.38**, se detalla en la **Imagen N°07**.

Imagen No. 07: Cálculo del número Estructural mínimo requerido.

Asphalt Design Inputs

Asphalt Pavement Design/Analysis Inputs

Asphalt Structural Number 2.38

Calculate Asphalt Structural Number

Total Flexible ESALS 98,678

Reliability 90.00 %

Overall Standard Deviation 0.45

Subgrade Resilient Modulus 7,050.0 psi

Initial Serviceability 4.20

Terminal Serviceability 2.00

Save and Close

Help

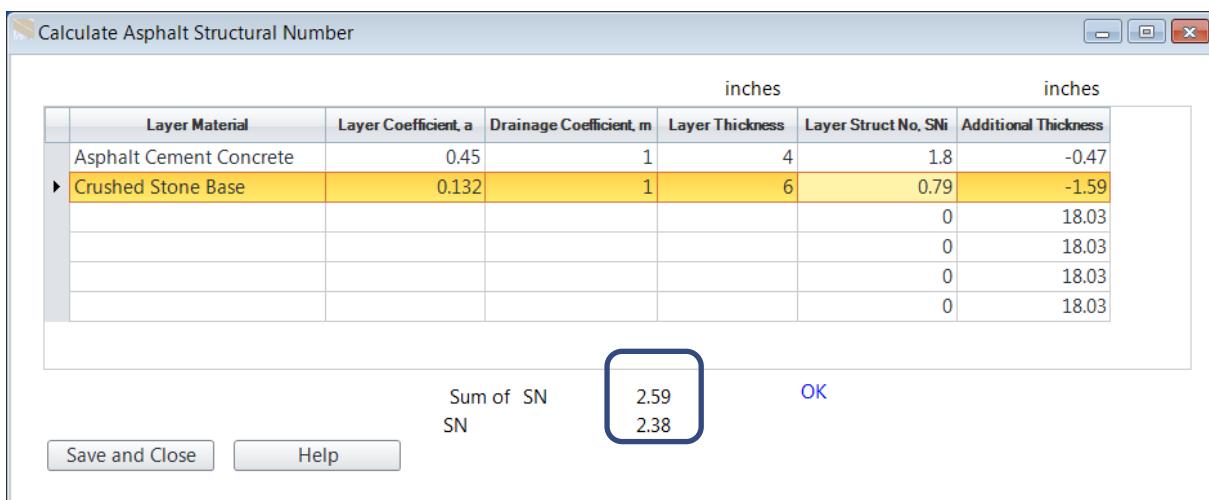
Asphalt Pavement Design/Analysis

Asphalt Structural Number: 2.38 Solve For

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 12).

Al proponer los espesores en el programa de la AASHTO 93, (**Ver Imagen No. 08**), podemos apreciar que en los resultados cumple con el SN requerido.

Imagen No. 08: Resultados de espesores requeridos para el diseño de pavimento.



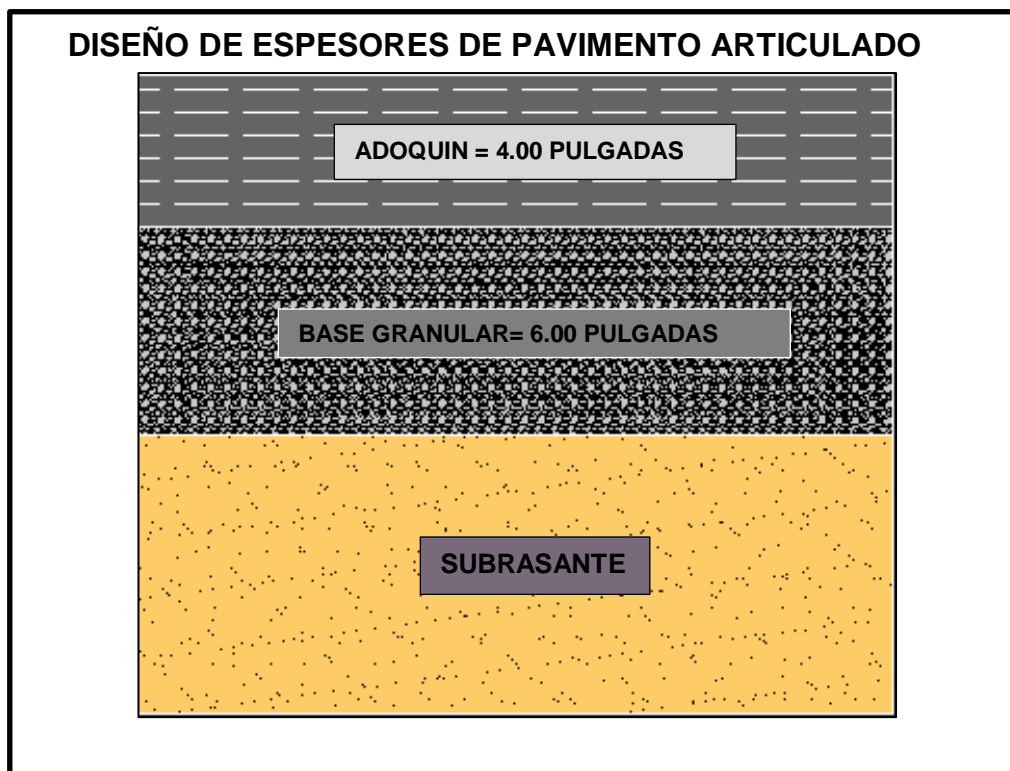
Layer Material	Layer Coefficient, a	Drainage Coefficient, m	Layer Thickness	Layer Struct No, SNi	Additional Thickness
Asphalt Cement Concrete	0.45	1	4	1.8	-0.47
Crushed Stone Base	0.132	1	6	0.79	-1.59
				0	18.03
				0	18.03
				0	18.03
				0	18.03

Sum of SN: 2.59
SN: 2.38

Buttons: Save and Close, Help, OK

Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 12).

Imagen No. 09. Espesores finales de pavimento.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 12).

CAPÍTULO V

DISEÑO

GEOMÉTRICO

5.1. Introducción.

En este capítulo se encontrará el diseño geométrico del tramo en estudio, el cual permite que la vía quede geométricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal a través del proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos. Las normas de diseño implementadas fueron las contenidas en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (Manual Centroamericano para el diseño geométrico de carreteras regionales 2ª edición 2004, SIECA) y las normas establecidas en la AASHTO 5th edición 2004.

El diseño geométrico de una carrera está compuesto por tres elementos bidimensionales que se ejecutan de manera individual, pero dependen unos de otros, y que al unirlos finalmente se obtiene un elemento tridimensional que corresponde a la vía propiamente, estos tres elementos son:

- Alineamiento horizontal
- Alineamiento vertical
- Sección transversal

Para poder determinar las características del alineamiento horizontal, vertical y sección transversal es necesario evaluar el tránsito y la topografía de la zona y establecer los parámetros técnicos que definirán las normas de diseño geométrico final.

Alineamiento Horizontal y Planimetría: El alineamiento horizontal está constituido por una serie de líneas rectas, definidas por la línea preliminar, enlazados por curvas circulares o curvas de grado de curvatura variable de modo que permitan una transición suave y segura al pasar de tramos rectos a tramos curvos o viceversa.

El diseño del alineamiento horizontal está basado en una óptima relación entre la velocidad de diseño (V_d) y la curvatura (G_c); y la relación de estos elementos con la superelevación (e) y el coeficiente de fricción (f).

Alineamiento Vertical: El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona, al cual se le llama línea subrasante, este se compone de tangentes y curvas. La posición de la subrasante depende principalmente de la topografía del tramo.

Sección transversal o típica de la vía: Detalla la estructura total de la explanación con excavación o relleno con la estructura de pavimento.

5.2. Método para elaboración del Diseño Geométrico

Basados en el Manual Centroamericano Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales 2da edición 2004 (SIECA), se propondrán los anchos de carril, cunetas típicas, andenes y bordillo. Sin embargo, el diseño geométrico consistirá en:

- Haciendo uso del software CivilCAD 3D se procesarán los datos topográficos de coordenadas y elevaciones, para general el trazado planímetro, estos datos topográficos fueron facilitados por la Alcaldía Municipal de Ocotlán.
- Se diseñarán las curvas horizontales y verticales empleando el mismo software CivilCAD 3D, proponiendo las pendientes de acuerdo a lo especificado en los manuales anteriormente mencionados.
- Se creará la sección transversal de la vía donde se describirán brevemente los elementos que la componen, proponiendo un bombeo de acuerdo a las especificaciones establecidas en los manuales de diseño indicados.

5.3. Análisis de los resultados Obtenidos.

5.3.1. Clasificación de la vía y Velocidad de Diseño

El tráfico actual es un TPDA de 145 vehículos/día, por lo que según el manual de la SIECA y el manual de la AASHTO la vía se clasifica como una colectora rural, aunque este volumen es inferior rango establecido en el manual, que indica volúmenes de tránsito entre 500 y 3,000 vpd.

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado (SIECA, 2004).

Para determinar la velocidad de diseño de la vía es necesario conocer uno de los elementos principales para el diseño de las carreteras, el volumen del Tránsito Promedio Diario Anual, conocido en forma abreviada como TPDA, que se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

El TPDA del tramo, según el estudio de tráfico, Tabla No. 2 cálculo del tránsito promedio anual pág.11 es de 145 vpd y en base al levantamiento topográfico facilitado por la alcaldía municipal de Ocotlán, el terreno de la vía es ondulado. La tabla 36 muestra los parámetros establecidos para la velocidad de diseño en el manual centroamericano de las normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales de acuerdo al TPDA y la clasificación de la vía.

Tabla No. 36: Normas establecidas por la SIECA para los elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales.

No.	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES		COLECTORAS	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales
1	TPDA, vehículos promedio diario	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500	3 000-500
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450	300-50	450-75
3	Factor de Hora Pico, FHP	0.92	0.92	0.95-0.91	0.92	0.85
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20	WB-15	WB15
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M
6	Velocidad de Diseño o Directriz, km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2
8	Ancho de Carril, metros	3.6	3.6	3.6	3.3-3.6	3.3
9	Ancho de Hombros/Espaldones, metros	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 1.0 - 1.5 Ext: 1.8 - 2.5	Int: 0.8 - 1.0 Ext: 1.2 - 1.8	Ext: 1.2 - 1.5	Ext: 1.2 - 1.5
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.-Grava
11	Dist.de Visibilidad de Parada, metros	110-245	110-170	85-140	65-110	65-110
12	Dist. de Visib. Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540	350-480	350-480
13	Radio Min. de Curva, Peralte 6%, metros	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195
14	Maximo Grado de Curva	5°53' - 2°03'	5°53' - 3°25'	8°29' - 4°35'	12°44' - 5°53'	12°44' - 5°53'
15	Pendiente Longitudinal Max. porcentaje	6	8	8	10	10
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10	10	10
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3
18	Pendiente de Hombros, porcentaje	2-5	2-5	2-5	2-5	2-5
19	Ancho de Puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44	HS20-44
21	Ancho de Derecho de vía, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30
22	Ancho de Mediana, metros	4-12	4-10	2-6	-	-
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control
25	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR	TS-CS	TR-CR

Notas: Pav: Pavimento asfáltico o de cemento Portland
P: Plano O: Ondulado M: Montañoso
AR:Autopista Regional, TS: Troncal Suburbana, TR: Troncal Rural, CS: Colectora Suburbana, CR: Colectora Rural

5.3.2. Criterios de diseño

A. Estudio Topográfico

La Información de topografía del tramo en estudio determina que el presenta pendientes inferiores al 15%, por lo tanto, el terreno se considera ondulado.

B. Clasificación de la vía

La clasificación de la vía se ha determinado en base la tabla 34 donde están establecidas las especificaciones según la SIECA para la clasificación de acuerdo a los volúmenes de tránsito diario, para el tramo en estudio se determinó un TPDA de 145 vpd, según el estudio de tráfico, Tabla No. 2, el cual es inferior al rango establecido en el manual, que indica volúmenes de tránsito entre 500 y 3,000 vpd, sin embargo, se dispone dentro de esta categorización.

C. Vehículo de diseño

La normativa de la SIECA nos recomienda emplear un vehículo de diseño WB-15, sin embargo, de acuerdo al estudio de tráfico en este tramo no circulan vehículos articulados, por lo tanto, se propone emplear un C2, el cual se define según el manual de la AASHTO como Single Unit Truck (SU), considerando que este permite determinar correctamente los elementos geométricos de la vía, teniendo en cuenta que el 87% del tránsito del tramo en estudio corresponde a vehículos livianos, a continuación las tablas No. 37 y 38 muestran las características del vehículo de diseño.

Tabla No. 37: Radio de Diseño e Interior de vehículos de diseño.

Vehículo de Diseño	Símbolo	Radio de diseño (m)	Radio Interior (m)
Automóvil	P	7.3	4.4
Autobús Sencillo	BUS	12.8	7.5
Camión Sencillo	SU	12.8	8.6
Camión Articulado T3-S2	WB-15	13.7	5.2
Camión Articulado	WB-19	13.7	2.4
Camión Articulado	WB-20	13.7	1.3

Fuente: (AASHTO, (American Association of State Highway and Transportation Officials), 2004)

Tabla No. 38 Características Geométricas de los vehículos de diseño

Características	Vehículos de diseño					
	P	Bus	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.30	3.20	3.40-4.10	4.10	4.10	4.10
Ancho	2.10	2.60	2.40	2.60	2.60	2.60
Longitud	5.80	12.20	9.20	16.80	20.90	20.90
Voladizo delantero	0.90	2.10	1.20	0.90	1.20	1.20
Voladizo trasero	1.50	2.40	1.80	0.60	0.80	0.80
Distancia entre ejes extremos, WB1	3.40	7.60	6.10	4.50	6.60	6.60
Distancia entre ejes extremos, WB2				10.80	12.30	13.20-13.80

Fuente: (AASHTO, (American Association of State Highway and Transportation Officials), 2004)

D. Ancho de Rodamiento o Calzada

Divididas o no, las carreteras están provistas de uno, o más carriles de circulación por sentido, se debe tomar en cuenta que el carril es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de la calzada o superficie de rodamiento, la sumatoria de los carriles, este es un factor que influye en el costo, pero también es la garantía de la comodidad de los usuarios.

Haciendo uso de la **tabla No. 36 pág. 65** hemos determinado el ancho de carril para vías colectoras rurales, en la cual se recomienda un ancho de 3.30 m cada uno.

E. Rango de pendientes máximas y mínimas

Las pendientes máximas del tramo, de acuerdo al levantamiento topográfico oscilan entre el 10 y 14.40 %, lo cual clasifica el terreno como ondulado, considerando de igual manera la composición del tráfico de acuerdo al estudio correspondiente, en cambio las pendientes mínimas se encuentran entre el 1 y 6%, llegando en algunos casos a estar bajo el 1 %, en cortos tramos donde la topografía es plana.

F. Velocidad de diseño

De acuerdo a la tabla N° 36 pág. 65 se puede apreciar que el TPDA del tramo en estudio escapa de la tipología establecida en el manual de las normas de la SIECA, sin embargo, para las colectoras rurales en terreno ondulado propone una velocidad de diseño de 60 Km/h.

La AASHTO en el capítulo 6, tabla 6-1 muestra las velocidades de diseño según los volúmenes de transito diario y el tipo de terreno. Para las condiciones que presenta el tramo en estudio, las velocidades de diseño serian 50 Km/h.

Tabla No. 39. Velocidad de diseño según el Manual de la AASHTO

Type of terrain	Metric			US Customary		
	Design speed (km/h) for specified design volume (veh/day)			Design speed (mph) for specified design volume (veh/day)		
	0 to 400	400 to 2000	over 2000	0 to 400	400 to 2000	over 2000
Level	60	80	100	40	50	60
Rolling	50	60	80	30	40	50
Mountainous	30	50	60	20	30	40

Note: Where practical, design speeds higher than those shown should be considered.

Exhibit 6-1. Minimum Design Speeds for Rural Collectors

(AASHTO, 93; AASHTO, (American Association of State Highway and Transportation Officials), 2004)

Basado en lo establecido por el manual de la AASHTO, se puede apreciar que la velocidad de diseño de acuerdo a las características del tramo en estudio corresponde a 50 kph, la cual se adoptará para realizar el diseño geométrico.

G. Distancia de Visibilidad de Parada

Según el Manual de la SIECA la distancia de visibilidad de parada es la requerida por un conductor para detener su vehículo en marcha, cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto de imprevisto delante de su recorrido, siendo esta la mínima con que debe diseñarse la geometría de una carretera, está se calcula mediante la sumatoria de dos componentes (d1 y d2), el primero involucra la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor mediante la expresión:

$$d1 = 0.278 \, v t \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde:

V= Velocidad Inicial, Kph

t= tiempo de percepción y reacción que ya se indicó es de 2.5 seg.

El segundo componente siendo la distancia de frenado, d2, se calcula por medio de la expresión que se muestra a continuación:

$$d2 = \frac{V^2}{254(f \pm p)}$$

Donde:

V= Velocidad Inicial, Kph

f= coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento.

p= Porcentaje de la pendiente dividida entre 100, siendo positiva la pendiente de ascenso (+) y negativa (-) la de bajada.

Resumido en la siguiente expresión:

$$DVP = 0.278 * V * t + \frac{V^2}{254(f \pm p)} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Tabla No. 40 Fricción para superficies mojadas y distancias de visibilidad de parada según el manual de la SIECA.

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coefficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada para
Km/h	Km/h	Tiempo (s)	Distancia (m)	f	(m)	(m)
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

Fuente: (SIECA, 2004)

Tabla No. 41 Pendiente Longitudinal Máxima

Velocidad de diseño (Km/h)	Pendiente Longitudinal maxima
100	1/225
80	1/200
60	1/175
50	1/150
40	1/125
30	1/100

Fuente: (AASHTO, (American Association of State Highway and Transportation Officials), 2004)

Sustituyendo en la ecuación:

$$DVP = 0.278 * 50 \text{ kph} * 0.25s + \frac{(50\text{kph})^2}{254(0.35 \pm \frac{1}{150})}$$

$$DVP = 62.3 \text{ m}$$

H. Distancia de Visibilidad de adelantamiento

De acuerdo al manual de la SIECA se define la distancia de visibilidad de adelantamiento como la mínima distancia de visibilidad requerida por el conductor de un vehículo para adelantar a otro que, a menor velocidad relativa circula en un mismo carril y dirección, en condiciones cómodas y seguras.

La distancia de visibilidad de adelantamiento o rebase es la sumatoria de las cuatro distancias que se muestran a continuación de acuerdo a las siguientes descripciones:

- Distancia preliminar de demora (d_1), se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$d_1 = 0.278t_1 \left(v - m + 2.25 \frac{t_1}{2} \right) \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$d_1 = 0.278 * 3.6s \left(59kph - 15 + 2.25 \frac{3.6}{2} \right) = 48 \text{ m}$$

Donde:

V: velocidad promedio del vehículo que rebasa, kph

t_1 : tiempo de maniobra inicial, equivale a 3.6 segundos.

a: Aceleración promedio del vehículo que efectúa el rebase en kph por segundo durante el inicio de la maniobra, equivale a 2.25 km/h/s.

m: diferencia de velocidad entre el vehículo que es rebasado y el que rebasa en kph, equivale a 15 km/h.

- Distancia de adelantamiento (d_2) expresado por:

$$d_2 = 0.278 * v * t_2 \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$d_2 = 0.278 * 59kph * 9.30s = 153 \text{ m}$$

Donde:

V: velocidad promedio del vehículo que ejecuta el adelantamiento, en kph

t_2 : Tiempo de ocupación de carril opuesto, equivale a 9.3 segundos.

- Distancia de seguridad (d_3). Los valores entre 35 y 90 m son aceptables para esta distancia, se asume 42.
- Distancia recorrida por el vehículo que viene en el carril contrario (d_4). Es práctica corriente fijar esta distancia en dos tercios ($2/3$) de la distancia d_2 .

$$D_4 = \frac{2}{3} D_2 \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$D_4 = \frac{2}{3} (164.02m) = 102 \text{ m}$$

La velocidad de diseño es de 50 km/h, la tabla No. 40 nos muestra la velocidad mínima del vehículo que rebasa, siendo de 59 kph.

Tabla No. 42 Velocidades para adelantamiento.

Velocidad de Diseño	Velocidades Km/h	
	Vehículo que es rebasado	Vehículo que rebasa
30	29	44
40	36	51
50	44	59
60	51	66
70	59	74
80	65	80
90	73	88
100	79	94
110	85	100

Fuente: (AASHTO, (American Association of State Highway and Transportation Officials), 2004) pág. 124

Realizando sumatoria de los datos obtenidos tenemos que:

$$DVA = d1 + d2 + d3 + d4 \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$DVA = 48m + 153m + 42m + 102m$$

$$DVA = 345 \text{ m}$$

Utilizar una distancia de visibilidad de adelantamiento de 345 m.

I. Radio Mínimo

Los radios mínimos son los valores límites de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con la sobreelevación máxima y la fricción lateral elegida para el diseño. La sobreelevación o peralte depende de las condiciones climáticas, tipo de área, urbana o rural, frecuencia de vehículos de baja velocidad y las condiciones del terreno.

Tabla No. 43 Tasa de peralte máximo

Tasa de Sobreelevación, "e" en (%)	Tipo de Area
10	Rural montañosa
8	Rural plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: (SIECA, 2004)

Los radios mínimos de curvatura horizontal se calculan utilizando la siguiente formula:

$$R = \frac{V^2}{127 (e+f)} \quad (\text{SIECA, 2004}) \quad (\text{Ecuación 20})$$

Donde:

R = Radio mínimo de curva.

e= tasa de sobreelevación en fracción decimal.

f= factor de fricción lateral.

V= Velocidad de diseño, en Kph

$$R = \frac{(50 \text{ kph})^2}{127 (0.06 + 0.16)} = 89.5 \text{ m}$$

Tabla no. 44 Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño.

Velocidad de Diseño(Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 4%			Peralte máximo 6%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	33.7	35	32° 44'	30.8	30	38° 12'
40	0.17	60.0	60	19° 06'	54.8	55	20° 50'
50	0.16	98.4	100	11° 28'	89.5	90	12° 44'
60	0.15	149.2	150	7° 24'	135.0	135	8° 29'
70	0.14	214.3	215	5° 20'	192.9	195	5° 53''
80	0.14	280.0	280	4° 05'	252.0	250	4° 35'
90	0.13	375.2	375	3° 04'	335.7	335	3° 25'
100	0.12	492.1	490	2° 20'	437.4	435	2° 38'
110	0.11	635.2	635	1° 48'	560.4	560	2° 03'
120	0.09	872.2	870	1° 19'	755.9	775	1° 29'

Fuente: (SIECA, 2004) Sección 4-41

J. Peralte máximo

A como ya se definió en la sección anterior de este capítulo, donde se determinó según el manual de normas de la SIECA, una sobreelevación o peralte máximo de 6%.

K. Longitud de Transición.

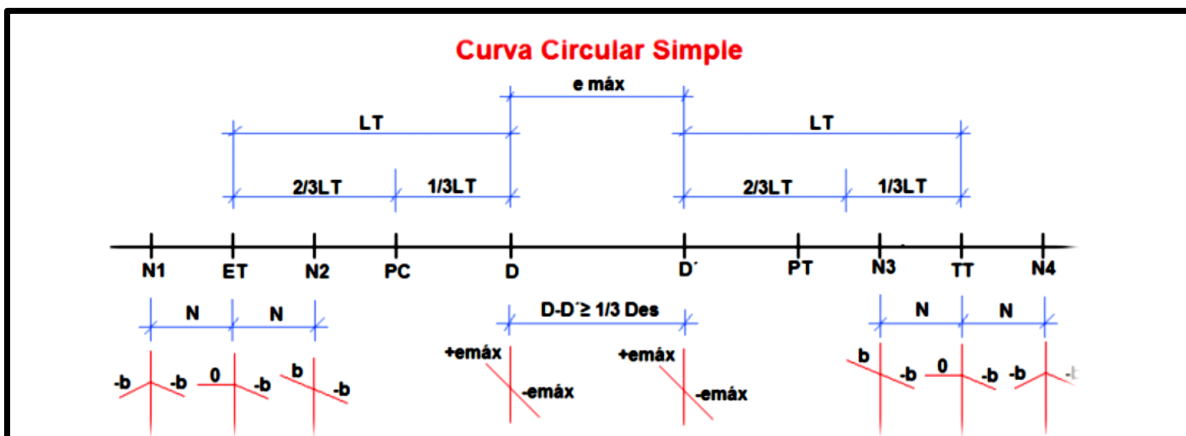
Según (OSPINA, 2002), para llevar a cabo el cambio de la sección transversal de una vía en tangente, cuya inclinación se denomina bombeo, a la sección transversal con el peralte requerido en una curva, se necesita establecer o diseñar una transición entre estas dos.

Se llama longitud de transición, o simplemente transición, a la distancia en que se efectúa el cambio de la sección normal en tangente a la sección con peralte pleno en la curva. Dicha transición está compuesta por dos distancias. (Navarro, 2017)

La distancia necesaria para eliminar el bombeo (1) y la distancia necesaria para llevar el borde exterior de su condición plana a la de máximo peralte o inclinación. El manual de la AASHTO define estos términos como Runoff distance y Runout distance.

La Imagen No. 8 muestra las transiciones de tangente a curva circular simple.

Imagen No. 10: Longitud de transición y desarrollo de bombeo a peralte máximo en una curva circular simple.



(Navarro, 2017)

El bombeo empleado en el diseño corresponde al 3% siendo este el valor típico empleado en Nicaragua, a continuación, se presentan las longitudes de transición propuestas por el manual de la AASHTO en base a los datos de radios de curva y velocidad de diseño, reiterando que el radio mínimo propuesto para la velocidad de diseño de 50 km/h es de 89.5 m, la tabla 43 muestra los resultados.

Tabla No. 45 Valores de longitud de transición, según velocidad de diseño y radios de curva para peraltes máximos de 6%.

R (m)	Vd=30km/h			Vd=40km/h			Vd=50km/h			Vd=60km/h			Vd=70km/h			Vd=80km/h			Vd=90km/h			Vd=100km/h			Vd=110km/h		
	L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)		
	e	2	4	e	2	4	e	2	4	e	2	4	e	2	4	e	2	4	e	2	4	e	2	4	e	2	4
(%)	Crs	Crs	Crs	(%)	Crs	Crs	(%)	Crs	Crs	(%)	Crs	Crs	(%)	Crs	Crs	(%)	Crs	Crs	(%)	Crs	Crs	(%)	Crs	Crs	(%)	Crs	Crs
7000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
5000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
3000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	56	84	SI	61	92
2500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	50	75	SI	56	84	2.3	61	92
2000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	44	66	2.1	50	75	2.5	56	84	2.8	61	92
1500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	39	59	2.2	44	66	2.7	50	75	3.1	56	84	3.6	61	92
1400	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	39	59	2.4	44	66	2.8	50	75	3.3	56	84	3.8	61	92
1300	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.1	39	59	2.5	44	66	3.0	50	75	3.5	56	84	4.0	61	92
1200	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.2	39	59	2.7	44	66	3.2	50	75	3.7	56	84	4.2	61	92
1000	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.1	33	50	2.6	39	59	3.1	44	66	3.6	50	75	4.2	56	84	4.8	61	92
900	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.3	33	50	2.8	39	59	3.4	44	66	3.9	50	75	4.5	56	84	5.1	61	92
800	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.5	33	50	3.1	39	59	3.6	44	66	4.2	50	75	4.9	56	84	5.4	61	92
700	SN	0	0	SI	22	33	2.1	28	42	2.8	33	50	3.4	39	59	4.0	44	66	4.6	50	75	5.2	56	84	5.7	61	92
600	SN	0	0	SI	22	33	2.4	28	42	3.1	33	50	3.8	39	59	4.3	44	66	5.0	50	75	5.6	56	84	6.0	61	92
500	SN	0	0	2.1	22	33	2.8	28	42	3.5	33	50	4.2	39	59	4.8	44	66	5.4	50	75	5.9	56	84	Rmin = 560		
400	SI	17	26	2.5	22	33	3.3	28	42	4.0	33	50	4.7	39	59	5.3	44	66	5.9	50	75	Rmin = 435					
300	SI	17	26	3.1	22	33	3.9	28	42	4.6	33	50	5.4	39	59	5.9	44	66	Rmin = 335								
250	2.3	17	26	3.5	22	33	4.2	28	42	5.0	33	50	5.7	39	59	6.0	44	66									
200	2.8	17	26	3.9	22	33	4.7	28	42	5.5	33	50	6.0	39	59	Rmin = 250											
175	3.0	17	26	4.1	22	33	5.0	28	42	5.8	35	52	Rmin = 195														
150	3.3	17	26	4.4	23	34	5.3	29	43	5.9	35	53															
140	3.5	17	26	4.5	23	35	5.4	29	44	6.0	36	54															
130	3.6	17	26	4.6	24	36	5.6	30	45	Rmin = 135																	
120	3.8	18	27	4.8	25	37	5.7	31	46																		
110	3.9	19	28	5.0	26	39	5.8	31	47																		
100	4.1	20	29	5.2	27	40	5.9	32	48																		
90	4.2	20	30	5.4	28	42	6.0	32	49																		
80	4.5	22	32	5.6	29	43	Rmin = 90																				
70	4.7	23	34	5.8	30	45																					
60	5.0	24	36	6.0	31	46																					
50	5.4	26	39	Rmin = 55																							
40	5.8	28	42																								
30	6.0	29	43	Rmin = 30																							

e_{max} = 6.0%
R = Radio de curva
V = Velocidad de diseño
e = Tasa de sobreelevación
L = Longitud mínima de transición
SN = Sección Norma
SI = Sección Invertida, peralte similar a la pendiente normal
Crs = Carriles
CIFRAS REDONDEADAS

Fuente: (SIECA, 2004), Sección 4-46

L. Ancho de hombros y aceras.

Las dimensiones en lo que refiere al ancho de los hombros y aceras, se proponen en base a los valores recomendados por el manual de la SIECA, los cuales han sido establecidos de acuerdo al manual de la AASTHO, por lo tanto, se ha propuesto un

ancho de hombros de 1.20 m, acera de 1.0 m y la calzada esta confinada por cuneta para el drenaje pluvial todo esto en correlación con la tabla 36 pág. 65.

Tabla No. 46 Ancho de hombros y aceras.

Tipo de Carreteras		Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)
			Internos	Externos	
AR	Autopistas Regionales	Alto	1.0-1.5	1.8-2.5	
TS	Troncales Suburbanas	Alto	1.0-1.5	1.8-2.5	1.2-2.0
TR	Troncales Rurales	Alto	0.5-1.0	1.2-1.80	1.2-1.5
CS	Colectoras Suburbanas	Intermedio	0.5	1.2-1.5	1.0-1.2
CR	Colectoras Rurales	Intermedio	-	1.2-1.5	1.0-1.2

Fuente: (SIECA, 2004) sección 4-9

M. Curvas Verticales

Las curvas verticales serán parábolas de eje vertical y están definidas por su longitud y por la diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales que las unen. Básicamente corresponden a alineaciones en perfil. (Navarro, 2017)

Existen curvas verticales en crestas o convexas y en columpio o cóncavas.

- **Curvas verticales en cresta o convexas.**

Las curvas verticales en crestas se diseñan de acuerdo a la más amplia distancia de visibilidad para la visibilidad de diseño.

Cuando la longitud de curva (L) es mayor que la distancia de visibilidad (S) se aplica la siguiente expresión para calcular la longitud mínima (L) de curva vertical:

$$L = \frac{GS^2}{200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde:

G = Diferencia algebraica de pendientes (%)

S= Distancia de Visibilidad

h₁ = Altura del ojo del conductor, equivalente a 1.07 m

h₂ = Altura del objeto, equivalente a 0.15 m

L puede ser relacionada con la diferencia algebraica de pendientes por medio de un factor denominado K , que en si identifica la curva, por lo tanto, el factor k es igual a la longitud de la curva entre el valor G . En la tabla No. 45 extraída del manual de la SIECA, podemos verificar los valores de K para el cálculo de las longitudes de curvas verticales en cresta para diferentes velocidades de diseño.

Tabla No. 47 Controles de diseño de curvas verticales en cresta basados en la distancia de visibilidad de parada y adelantamiento.

Velocidad de Diseño Km/h	Velocidad de marcha Km/h	Distancia de parada para diseño (m)	Tasa de curvatura vertical K, long (m) por % de G^*	Distancia mínima de adelantam. para Diseño (m)*	Tasa de curvatura vertical, K, long (m) por % de G^*
30	30-30	30-30	3-3	217	50
40	40-40	45-45	5-5	285	90
50	47-50	60-65	9-10	345	130
60	55-60	75-85	14-18	407	180
70	67-70	95-110	22-31	482	250
80	70-80	115-140	32-49	541	310
90	77-90	130-170	43-71	605	390
100	85-100	160-205	62-105	670	480
110	91-110	180-245	80-151	728	570

Fuente: (SIECA, 2004) sección 4-69

- **Curvas en columpio**

Según la SIECA en su sección 4-69 para el diseño de Curvas en Columpios o Cóncavas se han identificado los siguientes cuatro criterios para usarse en el cálculo de las longitudes de curvas en columpios.

- ✓ El primero y a emplear en diseño, se basa en la distancia iluminada por los faros delanteros del vehículo o de seguridad. Este se aplica en curvas de cresta y columpio la longitud de la curva debe ser tal, que toda la curva de distancia de visibilidad (L) es la longitud mínima de la curva en m y la V velocidad de proyecto en km/h.
- ✓ El siguiente, toma en cuenta básicamente una sensación subjetiva de comodidad en la conducción, cuando el vehículo cambia de dirección en el alineamiento vertical.
- ✓ El tercero considera requerimientos de drenaje.

- ✓ El último se basa en consideraciones estéticas.

Asimismo, es este tipo de curvas también podemos calcular el valor del factor k que directamente es:

$$K = \frac{L}{G} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Despejando:

$$L = K \cdot G$$

A continuación, se presenta la tabla No. 46 donde se expresan los controles de diseño de las curvas en cumpio en términos de K para los valores de G, considerando la distancia de visibilidad de parada, según los criterios del manual de la SIECA.

Tabla No. 48 Controles de diseño de curvas verticales en cumpio basados en la Distancia de visibilidad de parada (DVP)

Velocidad de diseño Km/h	Rango de velocidad de marcha Km/h	Coeficiente de fricción	Valores DVP (m)		Factor K de diseño *
			Menores	Mayores	
30	30-30	0.40	30	30	4-4
40	40-40	0.38	45	45	8-8
50	47-50	0.35	60	65	11-12
60	55-60	0.33	75	85	15-18
70	63-70	0.31	95	110	20-25
80	70-80	0.30	115	140	25-32
90	77-90	0.30	130	170	30-40
100	85-100	0.29	160	205	37-51
110	91-110	0.28	180	245	43-62

* Cifras redondeadas

Fuente: (SIECA, 2004) sección 4-74

N. Diseño de Planimetría y Altimetría

Haciendo uso del software CivilCAD 3D se procesaron los datos topográficos del sitio facilitados por la Alcaldía municipal de Ocotál, los cuales permitieron generar el alineamiento tanto horizontal como vertical y las secciones transversales, asimismo se calcularon los volúmenes de movimiento de tierra.

El alineamiento se proyectó adecuándose a la topografía del terreno, el uso del suelo, utilizando nada más curvas simples, teniendo en cuenta que es en la primera etapa la Alcaldía construyo cunetas, andenes y bordillos en el tramo del Boulevard.

En el Anexo D, se incorporan las secciones típicas diseñadas, Planta perfil, secciones transversales y cantidades volumétricas de movimiento de tierra generadas con la herramienta CivilCAD 3D.

En la Tabla No. 49 pág. 79, se muestran los elementos de las curvas del diseño geométrico, generadas con apoyo del software antes mencionado.

Tabla No. 49 Elementos de curvas generadas.

CUADRO DE ELEMENTO DE CURVA													
N°	RADIO	LONGITUD DE CURVA	DIRECCIÓN	DELTA	LONGITUD DE CUERDA	TANGENTE EXTERNAL	PC	PI	PT	EXTERNAL	DIST. ORDENADA MEDIA	PI NORTE	PI ESTE
C1	22.95	14.17	N88° 02' 47.91"E	35°21'48"	13.94	7.32	0+005.71	0+013.03	0+019.88	1.14	1.08	1507450.10	557097.39
C2	256.84	70.24	N62° 31' 47.90"E	15°40'12"	70.03	35.34	0+105.99	0+141.34	0+176.24	2.42	2.40	1507493.38	557218.68
C3	427.02	169.59	N43° 19' 03.41"E	22°45'17"	168.48	85.93	0+328.58	0+414.51	0+498.17	8.56	8.39	1507651.50	557441.98
C4	430.92	70.05	N36° 35' 50.17"E	9°18'51"	69.97	35.10	0+573.19	0+608.29	0+643.24	1.43	1.42	1507817.87	557545.69
C5	195.93	40.01	N47° 06' 13.27"E	11°41'55"	39.94	20.07	0+772.44	0+792.51	0+812.44	1.03	1.02	1507956.48	557667.27
C6	59.06	37.21	N71° 00' 14.10"E	36°06'06"	36.60	19.25	0+875.44	0+894.69	0+912.65	3.06	2.91	1508018.12	557748.93
C7	315.12	28.50	N86° 27' 48.08"E	5°10'58"	28.50	14.26	0+935.62	0+949.89	0+964.13	0.32	0.32	1508019.05	557805.41
C8	134.74	24.44	N89° 04' 02.01"E	10°23'26"	24.40	12.25	0+987.14	0+999.39	1+011.57	0.56	0.55	1508024.34	557854.64
C9	139.09	55.36	S74° 20' 02.49"E	22°48'25"	55.00	28.05	1+058.22	1+086.27	1+113.58	2.80	2.75	1508017.88	557941.36
C10	115.75	102.78	S88° 22' 09.10"E	50°52'38"	99.44	55.06	1+158.33	1+213.39	1+261.11	12.43	11.22	1507959.69	558055.21
C11	1116.43	115.70	N69° 09' 40.14"E	5°56'16"	115.65	57.90	1+275.92	1+333.82	1+391.62	1.50	1.50	1508011.27	558172.10
C12	166.99	70.52	N60° 01' 52.38"E	24°11'52"	70.00	35.80	1+487.28	1+523.08	1+557.80	3.79	3.71	1508069.38	558352.32
C13	578.04	231.07	N59° 23' 02.68"E	22°54'13"	229.53	117.10	1+797.51	1+914.61	2+028.58	11.74	11.51	1508332.42	558643.77

Fuente: Reporte de Curvas CivilCAD 3D 2019

Todas las curvas se diseñaron para una velocidad de 50 km /h.

CONCLUSIONES.

- Se concluye el trabajo monográfico habiendo realizado el diseño estructural y geométrico del pavimento articulado del tramo ubicado en el barrio Sandino, casco urbano del municipio de Ocotál, Nueva Segovia correspondiente a dos kilómetros lineales.
- Se realizó el estudio de tránsito donde se obtuvo un TPDA de 126 vehículos por día a partir de conteos vehiculares realizados por siete días, 12 horas de 6:00 AM-6:00 PM en un punto de control dentro de un área perimetral estación 0+000 de la carretera, asimismo con los cálculos de los factores de cargas de Ejes Equivalentes de las Tablas establecidas por la AASHTO y el tránsito de diseño se obtuvo el número estimado de ejes equivalente de 8.2 ton para el período de diseño de la vía siendo de $W18 = 98,678.00$.
- Mediante el análisis del estudio geotécnico se identificó que los suelos más predominantes corresponden a; A-7-5, A-7-6 (considerados suelos arcillosos, según la clasificación HRB), el valor de capacidad soporte, conocido como CBR, de la sub-rasante se estableció en 4.7%. Se identificaron dos bancos de material, de los cuales el Banco N°2 ubicado a 1.8 km hacia la ciudad de Ocotál, se seleccionó para el uso de material de base granular.
- El Diseño de Pavimento se realizó en base a los requisitos establecidos en el método de diseño de la AASHTO 93 y se hizo uso del software "WinPAS 12 (Pavement Analysis Software)", que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO, como resultado se obtuvo que la estructura de pavimento estará compuesta por una capa de rodadura de adoquín de concreto de 3500 PSI, con un espesor estándar de 4 pulgadas, este mismo descansará sobre una cama de arena de 2 pulgadas, una base granular de 6 pulgadas.

- El diseño geométrico tomo como base los estudios anteriores para establecer los parámetros que definieron los alineamientos horizontales y verticales, tales como la velocidad de diseño para cada tramo definido de acuerdo a la topografía, como vehículo de diseño se estableció el camión de carga C2, la pendiente máxima dada las condiciones del terreno se estableció en 18%, la pendiente mínima igual a 0.5%, todas las curvas verticales fueron diseñadas a partir de la distancia de visibilidad de parada.
- Se diseñaron dos secciones típicas, una con una sección típica de 6.60m de calzada, con cunetas de 0.60 m de ancho, hombros de 1.20 m y anden de 1.00m, esta corresponde a los siguientes tramos Est. 0+000 – 0+780 y Est. 1+520 a Est. 2+000, la segunda sección posee una sección típica de 7.60 m ya que incluye q m de ancho de los bordillos del Boulevard, esta corresponde al tramo Est. 0+780 a Est. 1+520.

RECOMENDACIONES.

- Establecer medidas de control para la circulación vehicular sobre la vía en estudio, con el objetivo de evitar que vehículos fuera de diseño (que exceden el límite de carga) transiten y provoquen daño prematuro de la vía.
- Garantizar que el material del banco de préstamo N°2 ha emplearse como base granular encuentre libre de cualquier agente contaminante.
- Verificar que la calidad de los materiales es la determinada en el diseño, que cumplan con las especificaciones de calidad y resistencia propuestas en las Normas Nic- 2000.
- Los materiales para revestimiento serán provenientes de la explotación de bancos de material selecto. El material deberá estar libre de sustancias deletéreas o talcosas, teniendo propiedades ligantes tales que permitan una buena compactación y contribuyan a formar una capa de base bien ligada y densa.
- Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.
- Los materiales pesados de desperdicio deben ser sacados fuera del sitio, a lugares autorizados, tales como terrenos baldíos o potreros, de previo autorizado por el dueño de la propiedad, quien dará su consentimiento o aprobación, previo acuerdo por escrito y presentado al Ingeniero, de acuerdo a las Normas Ambientales establecidas.
- Garantizar la debida y correcta de señalización vertical y horizontal (marcas viales) una vez concluido el proyecto.

BIBLIOGRAFIA.

- AASHTO, (American Association of State Highway and Transportation Officials). (2004). *Geometric Desing of Highways and Street 5th Edition* . Washintong D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO, e. a. (93). *Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edicion)*. San Juan: instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.
- Fonseca, A. M. (2001). *Ingeniería de Pavimentos para carreteras*.
- Fonseca, A. M. (2011). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras 2da*.
- Hernandez, M. I. (2011). *Ingeniería de Trafico*. Esteli: Universidad Nacional de Ingeniría (UNI-RUACS).
- Hudiel, I. S. (2012, Septiembre 12). <http://sjnavarro.wordpress.com/ing-transito/>. Retrieved Octubre 5, 2012, from <http://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/material-del-curso-ing.pdf>
- *Libro de pavimentos*. (2004). Argentina: UMSS – Facultad de Ciencias y Tecnología.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.
- Navarro, S. H. (2017). *Diseño y Cálculo Geométrico de Viales*. Esteli.
- Olivera. (1994).
- SIECA. (2004). In *Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales*.

ANEXOS:

ANEXO A

Fotografías de Tramo en Estudio

Imagen 11. Fotografía tomada en el sitio.



Fuente: Captura fotográfica realizada por sustentante, Faviana Betanco, marzo de 2016.

Imagen 12. Fotografía tomada en el sitio.



Fuente: Captura fotográfica realizada por sustentante, Faviana Betanco, marzo de 2016.

Imagen 13. Fotografía tomada en el sitio.



Fuente: Captura fotográfica realizada por sustentante, Faviana Betanco, marzo de 2016.

ANEXO B

Tabla No. 50: Formato utilizado para realizar aforo vehicular.

CONTEO VEHICULAR DEL LUNES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
6:00	7:00																	
7:00	8:00																	
8:00	9:00																	
9:00	10:00																	
10:00	11:00																	
11:00	12:00																	
12:00	13:00																	
13:00	14:00																	
14:00	15:00																	
15:00	16:00																	
16:00	17:00																	
17:00	18:00																	
TOTAL																		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 51: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (lunes- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL LUNES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
6:00	7:00	8	6	1	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	0	24
7:00	8:00	2	2	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8:00	9:00	5	5	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
9:00	10:00	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
10:00	11:00	3	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	12
11:00	12:00	2	5	2	5	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	17
12:00	13:00	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
13:00	14:00	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
14:00	15:00	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5
15:00	16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	18:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		25	24	6	27	1	1	0	11	0	0	0	0	0	0	3	0	98

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 52: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (martes- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL MARTES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
6:00	7:00	3	4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9
7:00	8:00	11	5	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
8:00	9:00	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
9:00	10:00	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
10:00	11:00	2	0	0	6	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
11:00	12:00	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
12:00	13:00	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
13:00	14:00	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
14:00	15:00	3	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
15:00	16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	17:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	18:00	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
TOTAL		30	21	2	18	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 53: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (miércoles- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL MIERCOLES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
6:00	7:00	2	2	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
7:00	8:00	7	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
8:00	9:00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
9:00	10:00	0	0	0	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	9
10:00	11:00	0	6	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	8
11:00	12:00	4	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
12:00	13:00	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
13:00	14:00	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
14:00	15:00	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
15:00	16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	17:00	4	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6
17:00	18:00	3	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
TOTAL		24	26	0	21	2	0	0	9	2	0	0	0	0	0	0	0	84

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 54: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (jueves- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL JUEVES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
6:00	7:00	3	3	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	14
7:00	8:00	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
8:00	9:00	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	15
9:00	10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
10:00	11:00	8	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
11:00	12:00	0	8	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
12:00	13:00	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
13:00	14:00	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8
14:00	15:00	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
15:00	16:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	17:00	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
17:00	18:00	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
TOTAL		22	48	5	17	0	0	0	3	7	0	0	0	0	0	3	0	105

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 55: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Viernes- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL VIERNES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
6:00	7:00	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
7:00	8:00	11	4	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	22
8:00	9:00	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
9:00	10:00	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
10:00	11:00	0	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
11:00	12:00	8	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
12:00	13:00	2	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	9
13:00	14:00	2	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
14:00	15:00	2	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
15:00	16:00	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
16:00	17:00	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
17:00	18:00	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
TOTAL		34	46	2	19	2	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	110

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 56: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (sábado- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL SÁBADO (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
6:00	7:00	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
7:00	8:00	3	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
8:00	9:00	0	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
9:00	10:00	3	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7
10:00	11:00	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
11:00	12:00	3	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
12:00	13:00	0	5	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
13:00	14:00	2	0	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10
14:00	15:00	9	4	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	18
15:00	16:00	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
16:00	17:00	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
17:00	18:00	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
TOTAL		22	23	4	34	2	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	95







Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 57: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Domingo- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL DOMINGO (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		Total
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
6:00	7:00	7	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
7:00	8:00	4	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8
8:00	9:00	4	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
9:00	10:00	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
10:00	11:00	4	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
11:00	12:00	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6
12:00	13:00	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
13:00	14:00	4	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
14:00	15:00	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
15:00	16:00	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
16:00	17:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17:00	18:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL		35	13	1	32	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	85

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 58: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadracicl, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos coupe y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con tinas en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMION DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMION DE CARGA PESADA Tx-Six<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Six<=4.
	Tx-Six<=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi-Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx<=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semoventes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2017.

Tabla No. 59: Listados Históricos estación N°1802 (San Marcos - Masatepe).

Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
2017	4636	1379	346	1068	395	88	156	391	221	80		152			1		11	8,908
2016	3942	1453	430	1165	423	94	163	421	272	45		81					11	8,500
2015	3372	1291	370	993	388	85	161	382	235	36		80					9	7,402
2014	3176	1151	348	936	320	75	145	369	240	41		69					13	6,883
2013	2691	1161	319	875	318	86	145	351	187	25		52					11	6,221
2012	2789	1084	357	895	341	72	130	347	230	24	2	44				1	8	6,324
2011	1971	978	309	803	322	60	139	286	195	27		35					7	5,132
2010	1501	1076	336	843	356	82	154	290	214	36		40					8	4,936
2009	1326	1068	363	885	340	76	164	323	258	34		42					8	4,887
2008	1056	944	327	917	349	78	175	335	270	42		46			1	1	13	4,554
2004	288	814	305	1012	281	72	213	321	241	14		37			0		8	3,608
2002	234	827	388	1113	260	61	190	223	237	25		31			1		13	3,602
1999	224	585	287	938	142	66	196	208	150	34		21			2		17	2,871
1997	184	500	234	746	18	69	169	91	206	18		13					12	2,260

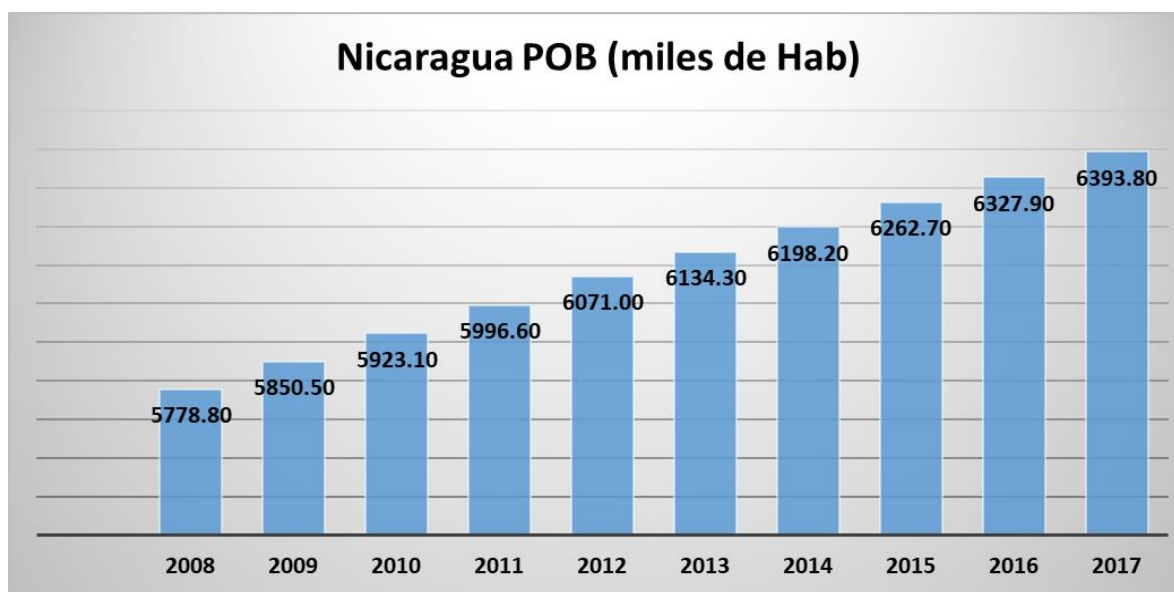
Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2017,pag. 157).

Tabla No. 60: Listados Históricos estación N° 2901 (Ocotal – San Fernando)

Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
2014	399	118	70	375	17		65	71	96	24		4						1,239
2010	242	75	90	338	4	3	51	64	38	5		7					2	919
2009	190	94	61	263		5	54	44	36	8		5					2	762
2007	120	66	91	333	9		69	56	65	8	11	11			1		1	840
2005	158	41	86	333	2		72	48	56	61		35						891
2004	122	21	75	276	3		64	30	84	26		38						740
2002	53	10	62	208	1		53	32	45	39		15						519

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2017,pag. 153).

Gráfico No. 13: Informe Anual del año 2017 del Banco Central de Nicaragua.



Fuente: Banco Central de Nicaragua. (Informe 2017).

Gráfico No. 14: Informe Anual del año 2017 del Banco Central de Nicaragua.



Fuente: Banco Central de Nicaragua. (Informe 2017).

Tabla No. 61: Factores 2017 (Estación N° 1802 San Marcos - Masatepe).

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre																	
Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx>=5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx>=5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.29	1.33	1.32	1.29	1.22	1.46	1.24	1.26	1.40	1.28	1.00	1.59	1.00	1.00	1.39	1.00	1.29
Factor Semana	0.98	1.00	0.97	0.95	1.00	0.88	0.97	0.87	0.86	0.88	1.00	0.90	1.00	1.00	0.94	1.00	0.95
Factor Fin de Semana	1.05	1.00	1.07	1.17	1.01	1.49	1.09	1.56	1.66	1.52	1.00	1.41	1.00	1.00	1.20	1.00	1.17
Factor Expansión a TPDA	0.96	1.01	0.96	0.99	1.00	0.87	1.02	0.97	1.01	1.03	1.60	1.05	1.00	1.00	0.70	1.53	1.16









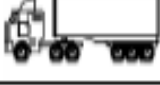



Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2017,pag. 348).

Tabla No. 62: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Liviano y Pasajeros.

Tipo de Vehículo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-15-30	4/8	8800/17600
C-2 LIV	4/8	8800/17600
BUS=C2	5/10	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Tabla No. 63: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Pesados.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura vial (MTI).






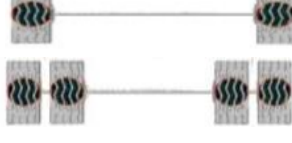
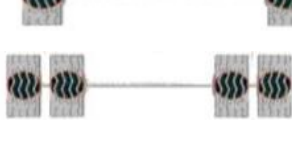
Tabla No. 64: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.

Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirement

Tabla No. 65: Pesos por Ejes por tipo de vehículos.

Tipo de vehículos	Gráfico de eje	Peso X eje (Kips)
Auto		2.2 Eje delantero (simple) 2.2 Eje trasero (simple)
Jeep		2.2 Eje delantero (simple) 2.2 Eje trasero (simple)
Camionetas Pick Ups		2.2 Eje delantero (simple) 4.4 Eje trasero (simple)
Mc Bus		4.4 Eje delantero (simple) 8.8 Eje trasero (simple)
Mn Bus		8.8 Eje delantero (simple) 17.6 Eje trasero (simple)
C2 Liv		8.8 Eje delantero (simple) 17.6 Eje trasero (simple)
C2 > 5 ton		11 Eje delantero (simple) 22 Eje trasero (simple)

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO C

Tabla No. 66: Clasificación de Suelos (AASHTO).

Clasificación General	Materiales Granulares (35%, ó menos, Pasa el Tamiz No. 200)							Material Limo-arcillosos (Más del 35% Pasa el Tamiz No. 200)			
Grupos	A-1	A-1-b	A-2					A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1-a		A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa el Tamiz:											
No. 10 (2.00 mm)	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
No. 40 (0.425 mm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.	-	-	-	-	-	-	-	
No. 200 (0.075 mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características Del Material que Pasa por el Tamiz											
No. 40 (0.425 mm)											
Límite Líquido	-		-	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno		Excelente a Bueno	Excelente a Bueno				Regular a Malo			

* El Índice de Plasticidad del Subgrupo A-7-5, es igual ó menor LI-30

El Índice de Plasticidad del Subgrupo A-7-6, es mayor LI-30

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93

Tabla No. 67: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 1).

Análisis Granulométrico de Agregados Finos y Gruesos																																																																																															
Proyecto:	Diseño geométrico y estructural de pavimento articulado en el barrio sandino, casco urbano de Ocotál, Nueva Segovia.			Fecha de ensayo:	20-Oct-17																																																																																										
Tramo:	00+000	0+330		Prof:	0 - 10 cm	Dist. L central:	1.0 m																																																																																								
Estacion:		00+330	Izquierda	Sondeo n°:	S. #1	Muestra n°:	M. #1																																																																																								
Solicitado por:	Diseñador			Clasificación HRB:	A-7-6 (19)																																																																																										
Actividad:	Sondeos a cielo abierto			Clasificación SUCS:	Limo elástico con arena (MH)																																																																																										
Método de ensayo: AASHTO T 27 ; 1999																																																																																															
(A) Masa de la muestra inicial, g :		7826.9		TAMAÑO MINIMO DE LA MUESTRA A ENSAYAR																																																																																											
(B) Masa de la muestra lavada, g :		1961.0		Tamaño máximo nominal (mm)	9.5	12.5	19																																																																																								
(A - B) Agregado lavado menor de 0.075 mm, g :		5865.9		Masa mínima para ensayo (g):	1,000	2,000	5,000																																																																																								
(C) Agregado tamizado menor de 0.075 mm, g :		3.4		Tamaño máximo nominal (mm)	37.5	50	63																																																																																								
(D) Masa total de agregado menor de 0.075 mm, g :		5869.3		Masa mínima para ensayo (g):	15,000	20,000	35,000																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Tamiz</th> <th>Aberturas</th> <th>Masa retenida</th> <th>Masa retenida</th> <th>Masa ret. acum</th> <th>Material que pasa</th> <th colspan="2">Especificaciones NIC 2000 Graduación D</th> </tr> <tr> <th>Estándar</th> <th>Estándar</th> <th>(g)</th> <th>(%)</th> <th>(%)</th> <th>(%)</th> <th>Esp Min</th> <th>Esp Max</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3"</td> <td>75.000</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>50.000</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>100</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>19.000</td> <td>267.4</td> <td>3.4</td> <td>3.4</td> <td>97</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N.4</td> <td>4.750</td> <td>65.0</td> <td>0.8</td> <td>4.2</td> <td>96</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N.10</td> <td>2.000</td> <td>138.4</td> <td>1.8</td> <td>6.0</td> <td>94</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N.40</td> <td>0.425</td> <td>986.6</td> <td>12.6</td> <td>18.6</td> <td>81</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>N.200</td> <td>0.075</td> <td>500.2</td> <td>6.4</td> <td>25.0</td> <td>75.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Pana</td> <td>3.4</td> <td>75.0</td> <td>100.0</td> <td>0.00</td> <td colspan="2"><= 0.3, ok</td> </tr> </tbody> </table>								Tamiz	Aberturas	Masa retenida	Masa retenida	Masa ret. acum	Material que pasa	Especificaciones NIC 2000 Graduación D		Estándar	Estándar	(g)	(%)	(%)	(%)	Esp Min	Esp Max		mm							3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100			2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100			3/4"	19.000	267.4	3.4	3.4	97			N.4	4.750	65.0	0.8	4.2	96			N.10	2.000	138.4	1.8	6.0	94			N.40	0.425	986.6	12.6	18.6	81			N.200	0.075	500.2	6.4	25.0	75.0				Pana	3.4	75.0	100.0	0.00	<= 0.3, ok	
Tamiz	Aberturas	Masa retenida	Masa retenida	Masa ret. acum	Material que pasa	Especificaciones NIC 2000 Graduación D																																																																																									
Estándar	Estándar	(g)	(%)	(%)	(%)	Esp Min	Esp Max																																																																																								
	mm																																																																																														
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100																																																																																										
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100																																																																																										
3/4"	19.000	267.4	3.4	3.4	97																																																																																										
N.4	4.750	65.0	0.8	4.2	96																																																																																										
N.10	2.000	138.4	1.8	6.0	94																																																																																										
N.40	0.425	986.6	12.6	18.6	81																																																																																										
N.200	0.075	500.2	6.4	25.0	75.0																																																																																										
	Pana	3.4	75.0	100.0	0.00	<= 0.3, ok																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">INDICE DE PLASTICIDAD</th> </tr> <tr> <th>Límite:</th> <th>Método:</th> <th>Valor:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LL:</td> <td>A</td> <td>53</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>Manual</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>ASTM D 4318</td> <td>24</td> </tr> </tbody> </table>		INDICE DE PLASTICIDAD			Límite:	Método:	Valor:	LL:	A	53	LP:	Manual	29	IP:	ASTM D 4318	24																																																																															
INDICE DE PLASTICIDAD																																																																																															
Límite:	Método:	Valor:																																																																																													
LL:	A	53																																																																																													
LP:	Manual	29																																																																																													
IP:	ASTM D 4318	24																																																																																													
Técnico: José García				Ing. Control Calidad:		Ing. Luis Herrera																																																																																									

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotál

Tabla No. 68: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 2).

Análisis Granulométrico de Agregados Finos y Gruesos																			
Proyecto:	Diseño geométrico y estructura de pavimento articulado en el barrio sandino, casco urbano de Ocotál, Nueva Segovia			Fecha de ensayo:	20-Oct-17														
Tramo:	00+000	02+000		Prof:	0 - 10 cm	Línea central	2.2 m												
Estacion:	00+660		Derecha	Muestra	Sondeo #2 M#1														
Solicitado por:	Diseñador			Clasificación HRB:	A-2-6 (0)														
Actividad:	Sodeos a cielo abierto			Clasificación SUCS:	Grava arcillosa con arena (GC)														
Método de ensayo: AASHTO T 27 ; 1999																			
(A) Masa de la muestra inicial, g :		7990.8	TAMAÑO MINIMO DE LA MUESTRA A ENSAYAR																
(B) Masa de la muestra lavada, g :		5795.4	Tamaño máximo nominal (mm)	9.5	12.5	19	25												
(A - B) Agregado lavado menor de 0.075 mm, g :		2195.4	Masa mínima para ensayo (g):	1,000	2,000	5,000	10,000												
(C) Agregado tamizado menor de 0.075 mm, g :		5.2	Tamaño máximo nominal (mm)	37.5	50	63	75												
(D) Masa total de agregado menor de 0.075 mm, g :		2200.6	Masa mínima para ensayo (g):	15,000	20,000	35,000	60,000												
Tamiz	Aberturas	Masa retenida	Masa retenida	Masa ret. acum	Material que pasa	Especificaciones NIC 2000 Graduación D													
Estándar	Estándar					Esp Min	Esp Max												
	mm	(g)	(%)	(%)	(%)														
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100														
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100														
3/4"	19.000	1805.2	22.6	22.6	77														
N.4	4.750	1721.0	21.5	44.1	56														
N.10	2.000	670.4	8.4	52.5	47														
N.40	0.425	989.0	12.4	64.9	35														
N.200	0.075	604.6	7.6	72.5	27.5														
	Pana	5.2	27.5	100.0	0.00	<= 0.3, ok													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Limite:</th> <th>Método:</th> <th>Valor:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LL:</td> <td>A</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>Manual</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>ASTM D 4318</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>		Limite:	Método:	Valor:	LL:	A	33	LP:	Manual	20	IP:	ASTM D 4318	13						
Limite:	Método:	Valor:																	
LL:	A	33																	
LP:	Manual	20																	
IP:	ASTM D 4318	13																	
Técnico: José García		Ing. Control Calidad:		Ing. Luis Herrera															

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotál

Tabla No. 69: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 3).

Análisis Granulométrico de Agregados Finos y Gruesos																			
Proyecto:	Diseño geométrico y estructural de pavimento articulado en el barrio sandino, casco urbano de Ocotál, Nueva Segovia.			Fecha de ensayo:															
Tramo:	00+000	02+000	2,000	Prof:	0 - 10 cm	Línea central	2.20 m												
Estacion:		00+990	Izquierda	Muestra	Sondeo #3 M#1														
Solicitado por:	Diseñador			Clasificación HRB:	A-2-6 (0)														
Actividad:	Sondeos a cielo abierto			Clasificación SUCS:	Arena arcillosa con grava (SC)														
Método de ensayo: AASHTO T 27 ; 1999																			
(A) Masa de la muestra inicial, g :		4647.6	TAMAÑO MINIMO DE LA MUESTRA A ENSAYAR																
(B) Masa de la muestra lavada, g :		3026.6	Tamaño máximo nominal (mm)	9.5	12.5	19	25												
(A - B) Agregado lavado menor de 0.075 mm, g :		1621.0	Masa mínima para ensayo (g):	1,000	2,000	5,000	10,000												
(C) Agregado tamizado menor de 0.075 mm, g :		14.0	Tamaño máximo nominal (mm)	37.5	50	63	75												
(D) Masa total de agregado menor de 0.075 mm, g :		1635.0	Masa mínima para ensayo (g):	15,000	20,000	35,000	60,000												
Tamiz	Aberturas	Masa retenida	Masa retenida	Masa ret. acum	Material que pasa	Especificaciones NIC 2000 Graduación D													
Estándar	Estándar					Esp Min	Esp Max												
	mm	(g)	(%)	(%)	(%)														
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100														
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100														
3/4"	19.000	581.0	12.5	12.5	87														
N.4	4.750	803.6	17.3	29.8	70														
N.10	2.000	400.8	8.6	38.4	62														
N.40	0.425	651.2	14.0	52.4	48														
N.200	0.075	576.0	12.4	64.8	35.2														
	Pana	14.0	35.2	100.0	0.00	<= 0.3, ok													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Limite:</th> <th>Método:</th> <th>Valor:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LL:</td> <td>A</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>Manual</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>ASTM D 4318</td> <td>11</td> </tr> </tbody> </table>		Limite:	Método:	Valor:	LL:	A	32	LP:	Manual	21	IP:	ASTM D 4318	11						
Limite:	Método:	Valor:																	
LL:	A	32																	
LP:	Manual	21																	
IP:	ASTM D 4318	11																	
Técnico: José García		Ing. Control Calidad:		Ing. Luis Herrera															

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotál

Tabla No. 70: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 4).

Análisis Granulométrico de Agregados Finos y Gruesos																			
Proyecto:	Diseño geométrico y estructural de pavimento articulado en el barrio sandino, casco urbano de Ocotál, Nueva Segovia.			Fecha de ensayo:															
Tramo:	00+000	02+000	2,000	Prof:	0 - 10 cm	Línea central	2.0 m												
Estacion:		01+320	Derecha	Muestra	Sondeo #4 M#1														
Solicitado por:	Diseñador			Clasificación HRB:	A-4 (2)														
Actividad:	Sondeos a cielo abierto			Clasificación SUCS:	Arena arcillosa con grava (SC)														
Método de ensayo: AASHTO T 27 ; 1999																			
(A) Masa de la muestra inicial, g :		8970.3	TAMAÑO MINIMO DE LA MUESTRA A ENSAYAR																
(B) Masa de la muestra lavada, g :		5130.8	Tamaño máximo nominal (mm)	9.5	12.5	19	25												
(A - B) Agregado lavado menor de 0.075 mm, g :		3839.5	Masa mínima para ensayo (g):	1,000	2,000	5,000	10,000												
(C) Agregado tamizado menor de 0.075 mm, g :		10.2	Tamaño máximo nominal (mm)	37.5	50	63	75												
(D) Masa total de agregado menor de 0.075 mm, g :		3849.7	Masa mínima para ensayo (g):	15,000	20,000	35,000	60,000												
Tamiz	Aberturas	Masa retenida	Masa retenida	Masa ret. acum	Material que pasa	Especificaciones NIC 2000 Graduación D													
Estándar	Estándar					Esp Min	Esp Max												
	mm	(g)	(%)	(%)	(%)														
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100														
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100														
3/4"	19.000	477.8	5.3	5.3	95														
N.4	4.750	1788.0	19.9	25.3	75														
N.10	2.000	1039.2	11.6	36.8	63														
N.40	0.425	1273.6	14.2	51.0	49														
N.200	0.075	542.0	6.0	57.1	42.9														
	Pana	10.2	42.9	100.0	0.00	<= 0.3, ok													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Limite:</th> <th>Método:</th> <th>Valor:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LL:</td> <td>A</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>Manual</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>ASTM D 4318</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>								Limite:	Método:	Valor:	LL:	A	32	LP:	Manual	23	IP:	ASTM D 4318	9
Limite:	Método:	Valor:																	
LL:	A	32																	
LP:	Manual	23																	
IP:	ASTM D 4318	9																	
<p>Material que pasa (%)</p> <p>Aberturas estándar (mm)</p> <p>Sondeo #4 M#1</p>																			
Técnico:		José García		Ing. Control Calidad:		Ing. Luis Herrera													

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotál.

Tabla No. 71: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 5).

Análisis Granulométrico de Agregados Finos y Gruesos										
Proyecto:		Diseño geométrico y estructural de pavimento articulado en el barrio sandino, casco urbano de Ocotál, Nueva Segovia.			Fecha de ensayo:					
Tramo:		00+000	02+000	2,000	Prof:		0 - 35 cm	Línea central	1.0 m	
Estacion:			01+650	Izquierda	Muestra		Sondeo #5 M#1			
Solicitado por:		Diseñador			Clasificación HRB:		A-2-6 (0)			
Actividad:		Sondeos a cielo abierto			Clasificación SUCS:		Grava pobremente graduada (GP)			
Método de ensayo: AASHTO T 27 ; 1999										
(A) Masa de la muestra inicial, g :				10153.2	TAMAÑO MINIMO DE LA MUESTRA A ENSAYAR					
(B) Masa de la muestra lavada, g :				9820.2	Tamaño máximo nominal (mm)		9.5	12.5	19	25
(A - B) Agregado lavado menor de 0.075 mm, g :				333.0	Masa mínima para ensayo (g):		1,000	2,000	5,000	10,000
(C) Agregado tamizado menor de 0.075 mm, g :				6.4	Tamaño máximo nominal (mm)		37.5	50	63	75
(D) Masa total de agregado menor de 0.075 mm, g :				339.4	Masa mínima para ensayo (g):		15,000	20,000	35,000	60,000
Tamiz		Aberturas		Masa retenida	Masa retenida	Masa ret. acum	Material que pasa		Especificaciones NIC 2000 Graduación D	
Estándar		Estándar								
		mm		(g)	(%)	(%)	(%)		Esp Min Esp Max	
3"		75.000		0.0	0.0	0.0	100			
2"		50.000		2041.0	20.1	20.1	80			
3/4"		19.000		5252.0	51.7	71.8	28			
N.4		4.750		1433.2	14.1	85.9	14			
N.10		2.000		392.0	3.9	89.8	10			
N.40		0.425		420.4	4.1	93.9	6			
N.200		0.075		275.2	2.7	96.7	3.3			
Pana				6.4	3.3	100.0	0.00		<= 0.3, ok	
INDICE DE PLASTICIDAD										
Limite:	Método:	Valor:								
LL:	A	34								
LP:	Manual	22								
IP:	ASTM D 4318	12								
<div><div>Material que pasa (%)</div><div><div>Sondeo #5 M#1</div></div><div>Aberturas estándar (mm)</div></div>										
Técnico: José García Ing. Control Calidad: Ing. Luis Herrera										

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotlán

Tabla No. 72: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 6).

Análisis Granulométrico de Agregados Finos y Gruesos																			
Proyecto:	Diseño geométrico y estructural de pavimento articulado en el barrio sandino, casco urbano de Ocotál, Nueva Segovia.			Fecha de ensayo:															
Tramo:	00+000	02+000	2,000	Prof:	0 - 10 cm	Línea central	1.5 m												
Estacion:		01+980	Derecha	Muestra	Sondeo #6 M#1														
Solicitado por:	Diseñador			Clasificación HRB:	A-2-6 (1)														
Actividad:	Sondeos a cielo abierto			Clasificación SUCS:	Grava arcillosa con arena (GC)														
Método de ensayo: AASHTO T 27 ; 1999																			
(A) Masa de la muestra inicial, g :		6343.3	TAMAÑO MINIMO DE LA MUESTRA A ENSAYAR																
(B) Masa de la muestra lavada, g :		4852.0	Tamaño máximo nominal (mm)	9.5	12.5	19	25												
(A - B) Agregado lavado menor de 0.075 mm, g :		1491.3	Masa mínima para ensayo (g):	1,000	2,000	5,000	10,000												
(C) Agregado tamizado menor de 0.075 mm, g :		4.6	Tamaño máximo nominal (mm)	37.5	50	63	75												
(D) Masa total de agregado menor de 0.075 mm, g :		1495.9	Masa mínima para ensayo (g):	15,000	20,000	35,000	60,000												
Tamiz	Aberturas	Masa retenida	Masa retenida	Masa ret. acum	Material que pasa	Especificaciones													
Estándar	Estándar					NIC 2000 Graduación D													
	mm	(g)	(%)	(%)	(%)	Esp Min	Esp Max												
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100														
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100														
3/4"	19.000	770.4	12.1	12.1	88														
N.4	4.750	1682.4	26.5	38.7	61														
N.10	2.000	788.6	12.4	51.1	49														
N.40	0.425	944.2	14.9	66.0	34														
N.200	0.075	661.8	10.4	76.4	23.6														
	Pana	4.6	23.6	100.0	0.00	<= 0.3, ok													
<table border="1"> <tr> <td>Limite:</td> <td>Método:</td> <td>Valor:</td> </tr> <tr> <td>LL:</td> <td>A</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>LP:</td> <td>Manual</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>IP:</td> <td>ASTM D 4318</td> <td>19</td> </tr> </table>		Limite:	Método:	Valor:	LL:	A	37	LP:	Manual	18	IP:	ASTM D 4318	19						
Limite:	Método:	Valor:																	
LL:	A	37																	
LP:	Manual	18																	
IP:	ASTM D 4318	19																	
Técnico: José García		Ing. Control Calidad:		Ing. Luis Herrera															

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotál.

Tabla No. 73: Ensayes de laboratorio de los bancos de laboratorio banco No. 1

Proyecto :	Adoquinado Barrio Sandino - Ocotal	Fecha de Ensayo:	10-05-17				
Ing. C. de Calidad:	LHH	Técnico de laboratorio:	JAB				
Limpiar Datos		Mostrar Panel de Navegación Ir a Menú					
Material menor a 75-µm (No. 200) en suelos (por lavado); AASHTO T-11.							
M. Inicial Húmeda; g	2,926.6	Masa Inicial Seca; g	2,560.8				
Cálculo de Humedad		Cálculo de pérdidas por lavado					
ID. Recipiente	R-09	Masa de muestra lavada y seca; g	1,764.2				
Masa Húmeda; g	340.8	Masa de pérdidas por lavado; g	796.6				
Masa Seca; g	298.2	Masa cribada menor a 75-µm; g	13.1				
Humedad; %	14.3	Masa total menor a 75-µm; g	809.7				
Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos; AASHTO T-27							
Tamices		Masa retenida	Masa retenida	M. Ret. Acumulada	Material que pasa	Especificaciones Técnicas	
Pulgadas	mm	g	%	%	%	Mínima	Máxima
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100		
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100		
3/4"	19.000	234.0	9.1	9.1	91		
No. 4	4.750	441.2	17.2	26.4	74		
No. 10	2.000	218.7	8.5	34.9	65		
No. 40	0.425	342.2	13.4	48.3	52		
No. 200	0.075	515.0	20.1	68.4	32.0	0	35
Fondo	-	13.1	31.6	100.0	-		
Verificación de ensayo (AASHTO T-27; Sección 11)					(1S)<0.27	0.00	OK
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	<div><div><div>◀ ▶</div><div>◀ ▶</div><div>◀ ▶</div></div><div></div></div>					
Tamaño Máximo; mm	50.000						
Evaluar Graduación	NO						
φ efectivo (D10); mm	-						
D (30); mm	-						
D (60); mm	-						
C. Uniformidad	-						
C. Curvatura	-						

Fuente: Alcaldía Municipal de Ocotal.

Tabla No. 74: Ensayes de laboratorio de los bancos de laboratorio banco No. 2

Proyecto :	Adoquinado Barrio Sandino - Ocotal		Fecha de Ensayo:	10-05-17				
Ing. C. de Calidad:	LHH		Técnico de laboratorio:	JAB				
Limpiar Datos		Mostrar Panel de Navegación		Ir a Menú				
Especificaciones Técnicas								
Material menor a 75-µm (No. 200) en suelos (por lavado); AASHTO T-11.								
M. Inicial Húmeda; g	6,300.0		Masa Inicial Seca; g	6,007.2				
Cálculo de Humedad		Cálculo de pérdidas por lavado						
ID. Recipiente	L-5		Masa de muestra lavada y seca; g	5,648.0				
Masa Húmeda; g	615.3		Masa de pérdidas por lavado; g	359.2				
Masa Seca; g	586.7		Masa cribada menor a 75-µm; g	15.8				
Humedad; %	4.9		Masa total menor a 75-µm; g	375.0				
Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos; AASHTO T-27								
Tamices		Masa retenida	Masa retenida	M. Ret. Acumulada	Material que pasa	Especificaciones Técnicas		
Pulgadas	mm	g	%	%	%	Mínima	Máxima	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100			
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100			
1 1/2"	37.500	500.3	8.3	8.3	92			
1"	25.000	520.0	8.7	17.0	83			
3/4"	19.000	631.0	10.5	27.5	73			
1/2"	12.500	697.0	11.6	39.1	61			
3/8"	9.500	750.0	12.5	51.6	48			
No. 4	4.750	851.9	14.2	65.8	34			
No. 10	2.000	492.0	8.2	73.9	26			
No. 40	0.425	794.6	13.2	87.2	13			
No. 200	0.075	395.8	6.6	93.8	6.2			
Fondo	-	15.8	6.2	100.0	-			
Verificación de ensayo (AASHTO T-27; Sección 11)					(1S)<0.27	0.01	OK	
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)		<p>CURVA GRANULOMETRICA</p> <p>% MATERIAL QUE PASA</p> <p>TAMAÑO DE PARTICULAS</p> <p>Limo/Arcilla Arenas Gravas</p>					
Tamaño Máximo; mm	50.000							
Evaluar Graduación	SI							
φ efectivo (D10); mm	0.300							
D (30); mm	3.000							
D (60); mm	11.400							
C. Uniformidad	38.000							
C. Curvatura	2.632							
Suelo No Uniforme y Bien Graduado								
Parámetros para trazado de D (10,30,60)					Máximo:	80.00	Incremento:	0.30

Fuente: Alcaldía Municipal de O

Planos de Diseño Geométrico

Sección I

Portada

Sección II

Secciones Típicas

Sección III

Normas de Diseño

Geométrico

Sección IV

Planos Planta Perfil

Sección V

Secciones

Transversales

Sección VI

Resumen de movimiento de tierra